

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
 LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
 LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
 Lotto Funzionale Brescia-Verona
 PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA
 GENERALE - SISTEMI
 IDROGEOLOGICI E VULNERABILITA'**

IL PROGETTISTA
Ce.A.S. srl

IL PROGETTISTA INTEGRATORE
saipem spa
Tommaso Taramia



Dotore in Ingegneria Civile iscritto all'albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23476 - Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione
Tel. 02.52024517 Fax 02.52024509
CF. e P.IVA: 0825798157

ALTA SORVEGLIANZA



Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	N	0	5	0	0	D	E	2	R	G	G	E	0	0	0	2	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	M.T.	31.03.14	CHERUBINI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	GUERRA	01.07.14	CHERUBINI	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 01/07/14

Doc. N.: IN0500DE2RGGE00020011.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP.: F81H91000000008



INDICE

1.	Premessa	5
1.1	Metodologia di lavoro	6
2.	inquadramento idrogeologico	7
2.1	La Pianura Lombarda	7
2.2	L'Anfiteatro Morenico del Garda	9
2.3	Pianura Veneta	10
3.	climatologia	11
3.1	Il clima della Pianura Lombarda	12
3.1.1	Pluviometria.....	12
3.1.2	Termometria	18
3.2	Il clima dell'Anfiteatro Morenico del Garda	20
3.2.1	Pluviometria.....	20
3.2.2	Termometria	23
3.3	Il clima della Pianura Veneta	24
3.3.1	Pluviometria.....	24
3.3.2	Termometria	27
4.	L'idrografia superficiale	29
4.1	Il bacino dell'Adda	29
4.1.1	Il Fiume Adda	29
4.1.2	Il Fiume Serio	30
4.2	Il bacino dell'Oglio	31
4.2.1	Il Fiume Oglio.....	31
4.2.2	Il Fiume Mella	32
4.2.3	Il Fiume Chiese.....	33
4.3	Il bacino del Mincio	34
4.3.1	Il Fiume Mincio	34
4.4	Il Fiume Tione	34
5.	bilancio idrologico	35
5.1	Tratta Adda - Serio	36
5.2	Tratta Serio - Oglio	36
5.3	Tratta Oglio - Mella	36
5.4	Tratta Mella - Chiese	37
5.5	Tratta Chiese - Mincio	37
6.	idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato.....	38
6.1	UNITA' POSTGLACIALE (Pg)	38
6.2	BACINO DELL'ADDA	39
6.2.1	Unità Postglaciale (Pg)	39
6.2.2	Alloformazione di Cantù - Depositi fluvio-glaciali (Ca)	39
6.3	BACINO DEL BREMBO	40
6.3.1	Allogruppo del Brembo - Depositi fluvio-glaciali (Br).....	40
6.4	BACINO DEL SERIO	40

Doc. N.	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2RGGE0002001	Rev. 1	Foglio 3di133
6.4.1	Unità Postglaciale (Pg)				40
6.4.2	Allogruppo del Serio – Depositi fluvioglaciali (Se)				41
6.5	BACINO DELL'OGLIO				42
6.5.1	Unità Postglaciale (Pg)				42
6.5.2	Allogruppo dell'Oglio – Depositi fluvioglaciali (Og)				42
6.5.3	Allogruppo dell'Iseo – Depositi fluvioglaciali (Is)				43
6.6	BACINO DEL MELLA - CHIESE				43
6.6.1	Unità Postglaciale (Pg) – Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi				43
6.6.2	Alloformazione di Navate – Aspes – Depositi fluvioglaciali (Na)				44
6.6.3	Alloformazione di C.na Rodenga – Depositi fluvioglaciali (Ro)				44
6.6.4	Allogruppo del Mella				45
6.7	ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA				45
6.7.1	Unità Postglaciale (Pg)				45
6.7.2	Allogruppo di Lugana (Lu)				46
6.7.2.1	Depositi glaciali				46
6.7.2.2	Depositi glaciolacustri				47
6.7.3	Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)				47
6.7.3.1	Depositi glaciali				47
6.7.3.2	Depositi fluvioglaciali				48
6.7.4	Allogruppo di Calcinato (Cl)				48
6.7.4.1	Loess (L)				49
6.7.4.2	Depositi glaciali				49
6.8	PIANURA VENETA				49
6.8.1	Alloformazione di Sommacampagna – Depositi fluvioglaciali (So)				49
7.	classi di permeabilità				52
7.1	Prove di conducibilità idraulica				52
7.1.1	Tratta Oglio - Mella (pk 68+315 – pk 78+600)				52
7.1.2	Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk100+500)				54
7.1.3	Galleria di Lonato (pk104+237 – pk 111+995)				55
7.1.4	Galleria Madonna del Frassino (pk129+907 – pk 123+350)				61
7.1.5	Galleria San Giorgio (pk 129+907 – pk 133+325)				62
7.1.6	Tratta Mincio - Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698)				66
7.1.7	Interconnessioni				67
7.2	Conducibilità idraulica dei diversi terreni attraversati				68
7.2.1	Depositi alluvionali degli alvei attuali				68
7.2.2	Depositi alluvionali degli alvei antichi				69
7.2.3	Depositi lacustri				70
7.2.4	Depositi fluvioglaciali				70
7.2.5	Depositi glaciali				71
7.2.6	Depositi glaciolacustri				71
7.3	La carta della permeabilità superficiale				72
8.	piezometrie				72
8.1	Misure piezometriche 1992-1993				73
8.1.1	Tratta Oglio – Mella (pk 68+350 – pk 78+600)				80

Doc. N.	Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2RGGE0002001	Rev. 1	Foglio 4di133
8.1.2	Tratta Mella – Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)				80
8.1.3	Galleria di Lonato (pk 104+237 – pk 111+995).....				81
8.1.4	Tratta Lonato – Fiume Mincio (pk 111+995 – pk 124+200)				81
8.1.5	Tratta Fiume Mincio – Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698)				82
8.2	Misure piezometriche 2001 – 2002				83
8.2.1	Tratta Oglio - Mella (pk 68+350 – pk 78+600).....				83
8.2.2	Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)				87
8.2.3	Galleria di Lonato				90
8.2.4	Galleria Madonna del Frassino				94
8.2.5	Galleria San Giorgio				95
8.3	Misure piezometriche 2004				97
8.3.1	Tratta Interconnessione Treviglio.....				98
8.3.2	Tratta Oglio - Mella (pk 68+350 – pk 78+600).....				98
8.3.3	Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)				99
8.3.4	Tratta da pk 101+275 – pk 103+742 con G.Calcinato II.....				100
8.3.5	Galleria di Lonato (pk 104+237 – pk 111+995).....				101
8.3.6	Tratta da pk 113+454 a pk 120+533.....				102
8.3.7	Galleria Madonna del Frassino (pk 121+396 – pk 123+350).....				102
8.3.8	Tratta da pk 123+960– pk 129+609 con G.Paradiso				103
8.3.9	Galleria San Giorgio (pk 129+907 – pk 133+325).....				104
8.3.10	Tratta da pk 133+970 a pk 140+617.....				105
8.3.11	Tratta Interconnessione Brescia Est.....				105
8.3.12	Viabilità extralinea.....				106
8.4	La carta piezometrica dell'acquifero principale				106
9.	censimento dei punti d'acqua				108
9.1	Fontanili				108
9.2	Pozzi				109
9.3	Le principali criticità riconosciute per i punti d'acqua				110
9.3.1	Tratta interconnessione Treviglio				110
9.3.2	Tratta Oglio – Mella (pk 68+350 – pk 78+600)				111
9.3.3	Tratta Mella – Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)				112
9.3.4	Tratta Chiese - Mincio (pk 100+500 – pk 124+200).....				113
9.3.5	Tratta Mincio – Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698).....				114
10.	qualità chimico – fisica delle acque				116
10.1	LA QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE				116
11.	approfondimenti				121
11.1	La Galleria Calcinato II				122
11.2	La Galleria di Lonato				123
11.3	La Galleria Santa Cristina, Madonna del Frassino, Mano di Ferro				123
11.4	La Galleria Paradiso				124
11.5	La Galleria San Giorgio				125
12.	conclusioni				126
13.	bibliografia				130



1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è fornire un inquadramento generale dei caratteri idrografici, idrogeologici e climatici del territorio interessato dal tracciato della linea ferroviaria A.V./A.C. Torino-Venezia, nella tratta Milano-Verona, lotto funzionale Brescia - Verona, nell'ambito delle attività propedeutiche alla sua progettazione definitiva.

Il lotto funzionale Brescia-Verona ha un'estensione pari a circa 72 km ed ha origine al chilometro 68+315 nel Comune di Castrezzato e termina al chilometro 140+779 nel Comune di Verona, località Gagnano.

La maggior parte del tracciato ferroviario è previsto in rilevato. Le principali tratte in galleria sono:

- Galleria Calcinato II (dal km 101+740 al km 102+200)
- Galleria di Lonato (dal km 104+550 al km 112+111, in naturale tra il km 105+990 e il km 110+747)
- Galleria Santa Cristina (dal km 120+902 al km 121+257)
- Galleria Madonna del Frassino (dal km 121+655 al km 123+605, in naturale tra il km 122+921 e il km 123+153)
- Galleria Mano di Ferro (dal km 123+655 al km 124+016)
- Galleria artificiale Paradiso (dal km 125+211 al km 126+548)
- Galleria San Giorgio (dal km 130+180 al km 133+575, in naturale tra il km 130+463 e il km 132+233)

Le amministrazioni interessate dalla linea e quindi coinvolte nella ricerca dei dati necessari alla stesura di questo studio sono state: la Regione Lombardia, la Regione Veneto, la Provincia di Brescia, la Provincia di Verona e i comuni di, Rovato, Trenzano, Cazzago San Martino, Travagliato, Ospitaletto, Castegnato, Roncadelle, Gussago, Brescia, Berlingo, Lograto, Torbole Casaglia, Azzano Mella, Castel Mella, Capriano del Colle, Flero, San Zeno sul Naviglio, Poncarale, Borgosatollo, Montirone, Castenedolo, Ghedi, Montichiari, Mazzano, Calcinato, Lonato, Desenzano del Garda, Rezzato, Bedizzole, Sirmione, Pozzolengo, Peschiera del Garda, Ponti sul Mincio, Castelnuovo del Garda, Valeggio sul Mincio, Sona, Sommacampagna e Verona.

Sono stati coinvolti anche i distaccamenti di Brescia e Verona dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (A.R.P.A.); a questi occorre aggiungere gli enti che gestiscono direttamente lo sfruttamento delle risorse idriche presenti sul territorio interferito dalla linea in



progetto (ASM, Co.ge.me., Consorzio Medio Chiese,) e le aree di interesse naturalistico-ambientale (Parco del Mincio).

1.1 Metodologia di lavoro

I risultati di tale lavoro sono dettagliati negli elaborati, con la precisazione che il codice commessa è "IN05" in luogo di "A202".

Le fasi che hanno condotto alla stesura della presente relazione sono state le seguenti:

- revisione bibliografica del materiale a disposizione precedentemente redatto, con particolare riferimento alla "Relazione Idrogeologica" (P.E. 1992), allo Studio di Impatto Ambientale (P.P. 2003) e alla "Relazione Geologica" (P.P. 2003);
- revisione bibliografica delle pubblicazioni scientifiche inerenti alle tematiche in esame, con particolare riferimento agli studi idrogeologici dell'anfiteatro morenico del Garda;
- revisione bibliografica della documentazione tecnica ufficiale reperita dagli Enti pubblici, con particolare riferimento alle relazioni geologico-tecniche dei P.R.G. comunali ed alla relativa cartografia tematica;
- analisi critica dei punti d'acqua (pozzi, sorgenti e fontanili) censiti e descritti nella sopracitata bibliografia;
- verifica in sito delle condizioni dei punti d'acqua potenzialmente a rischio di depauperamento e tentativo di implementare il censimento effettuato nel corso di campagne precedenti;
- analisi dei dati ottenuti dalle prove di permeabilità eseguite lungo il tracciato della linea in progetto nelle campagne geognostiche del 1992, del 2001-2002 e del 2004, ancora in fase di completamento;
- analisi dei dati piezometrici ottenuti nel corso delle citate campagne e loro confronto con informazioni ricavate da fonti differenti;
- raccolta e revisione dei dati climatici, con particolare riferimento ai dati pluviometrici relativi a tutta la tratta ferroviaria in progetto;
- analisi preliminare dell'idrografia superficiale con suddivisione della tratta in ambiti di bacino differenti (bacino del Fiume Serio, del Fiume Oglio, etc);
- impostazione di un bilancio idrologico per ognuno dei bacini individuati;
- raccolta dei dati di qualità chimica e fisica delle acque superficiali e profonde;



- stesura di una carta idrogeologica alla scala 1:10.000 con ubicazione di punti d'acqua e sondaggi eseguiti (doc. rif. A20200DE2N4GE00020290÷20420);
- stesura di una carta della permeabilità superficiale alla scala 1:10000 (doc. rif. A20200DE2N4GE00020010÷20140);
- conclusioni alle problematiche descritte, con la ricostruzione di semplici modelli di circolazione idrica.

2. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nel definire l'assetto idrogeologico del territorio in esame si è deciso di seguire quanto già introdotto nella Relazione Geologica generale (doc. rif. A20200DE2RGGE00010010) allegata al progetto definitivo in oggetto.

Il territorio interessato dall'attraversamento della linea ferroviaria ad Alta Capacità Milano-Venezia, tratta Milano-Verona, lotto funzionale Brescia-Verona, può essere diviso in tre contesti principali, aventi caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrogeologiche differenti: la Pianura Lombarda, l'Anfiteatro Morenico del Garda e la Pianura Veneta.

2.1 La Pianura Lombarda

L'intero territorio lombardo interessato dall'attraversamento della linea in progetto, presenta caratteristiche idrogeologiche piuttosto omogenee. I materiali affioranti con maggior continuità sono sicuramente i depositi di origine fluvioglaciale Pleistocenici che, con spessori elevati, si impostano sul substrato roccioso pre-Pliocenico. La granulometria di questi depositi tende a diminuire con la profondità determinando, di conseguenza, una netta riduzione nella permeabilità degli acquiferi più profondi.

Da un punto di vista idrogeologico i sedimenti fluvioglaciali pleistocenici descritti, possono essere divisi in cinque complessi principali (Avanzini *et al.*, 1995):

- Unità ghiaioso sabbiosa (Pleistocene superiore), costituita da depositi sciolti a ghiaie e sabbie dominanti. La conducibilità idraulica di questi orizzonti, che possono raggiungere una potenza di 15-20 metri, è molto elevata ($10^{-4} < K < 10^{-1}$ m/s).
- Unità ghiaioso sabbioso limosa (Pleistocene medio), costituita da limi, limi argillosi e, localmente, ghiaie. La conducibilità idraulica di questi orizzonti, che presentano uno spessore massimo di 20-30 metri, si distribuisce su classi medio-basse ($k < 10^{-5}$ m/s).



- Unità a conglomerati e arenarie basali (Pleistocene inferiore), costituita da ghiaie poligeniche con grado di cementazione variabile, con subordinate intercalazioni di sabbie e limi argillosi. Lo spessore di questa Unità può raggiungere i 50 metri di potenza; la conducibilità idraulica è invece fortemente controllata dal grado di cementazione e di fratturazione che caratterizza i diversi orizzonti, variando da valori molto elevati (10^{-1} - 10^{-3} m/s), in corrispondenza dei livelli grossolani sciolti, a valori ridotti (10^{-6} - 10^{-7} m/s), in corrispondenza dei livelli maggiormente cementati o delle intercalazioni a granulometria fine.
- Unità sabbioso argillosa (Pleistocene inferiore), costituita da un'alternanza caotica di livelli grossolani, a sabbie e ghiaie, e livelli fini, ad argille dominanti. Le caratteristiche idrogeologiche di questi orizzonti sono fortemente controllate dalla distribuzione spaziale dei livelli a granulometria e, di conseguenza, a conducibilità idraulica diversa. Si passa da orizzonti più permeabili ($10^{-6} < K < 10^{-4}$ m/s) a orizzonti a permeabilità ridotta ($K < 10^{-8}$ m/s).
- Unità argillosa (Calabriano), costituita da limi argillosi di origine marina questa unità, di conducibilità idraulica del tutto ridotta ($K < 10^{-9}$ m/s), rappresenta il substrato impermeabile della successione pleistocenica, collocabile ad una profondità di 100-130 metri.

Le unità idrogeologiche descritte sono sede di importanti acquiferi, abbondantemente sfruttati ad uso idropotabile, industriale ed irriguo, e le caratteristiche idrologiche di ognuno di questi risultano controllate dalle caratteristiche proprie di ogni unità.

Lo schema che segue sintetizza molto chiaramente la correlazione esistente tra i caratteri geologico-stratigrafici delle diverse unità e quelli idrogeologici degli acquiferi che in queste sono ospitati.

Età	Unità Idrogeologiche	Acquifero	
Pleistocene sup.	Unità Ghiaioso-Sabbiosa	ACQUIFERO TRADIZIONALE (falde libere)	1° Acquifero (falde libere)
Pleistocene med.	Unità Ghiaioso-Sabbioso-Limosa		2° Acquifero (falde semiconfinate)
Pleistocene inf.	Unità a Conglomerati e Arenarie		ACQUIFERI PROFONDI (falde confinate)
Pleistocene inf.	Unità Sabbioso-Argillosa		
Calabriano	Unità Argillosa		

Tabella 2.1: Distribuzione degli acquiferi nelle diverse Unità idrogeologiche (Avanzini et al., 1995, modificato).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
9di133

Sulla base delle considerazioni fatte sono state individuate tre tipologie di acquiferi (AA.VV "La base dell'acquifero tradizionale", Provincia di Milano), definiti, in base alle caratteristiche di permeabilità e di isolamento rispetto alla superficie libera, Primo, Secondo e Terzo Acquifero. Il Primo e il Secondo Acquifero, con caratteristiche comunque confrontabili, costituiscono, insieme, quello che in letteratura viene comunemente riconosciuto come Acquifero Tradizionale e che viene abbondantemente sfruttato come risorsa idrica da tutte le realtà socio-economiche presenti sul territorio.

Il Primo Acquifero è sede di falde libere (con la possibile locale presenza di falde sospese in pressione); il Secondo Acquifero è sede di falde libere o semiconfinato; il Terzo Acquifero, invece, ospita falde artesiane in pressione.

L'ambiente in esame è dominato dai paleoalvei dei fiumi Adda, Serio e Oglio, nonché, in superficie, dagli alvei attuali dei medesimi corsi d'acqua. La presenza di queste strutture rappresenta un importante agente di controllo sulla circolazione idrica profonda caratteristica della Pianura Lombarda, con assi di deflusso principale che si orientano N-S o NNO-SSE.

L'idrografia superficiale, con particolare riferimento ai corsi d'acqua principali (Adda, Serio, Oglio e Mella), svolge un'evidente azione drenante sugli acquiferi descritti, che presentano una soggiacenza media piuttosto elevata (30-40 metri) nelle porzioni più settentrionali della pianura, per diminuire sensibilmente spostandosi verso sud, fino ad annullarsi nella "fascia dei Fontanili".

Le oscillazioni stagionali del livello piezometrico possono assumere valori anche molto diversi nei diversi settori descritti (passando da valori massimi di 25-30 metri a minimi di 2-4 metri). E' importante segnalare, a tale proposito, l'azione regolatrice e stabilizzante esercitata dai principali corsi d'acqua che si comportano, nella pratica, come limiti a potenziale imposto.

2.2 L'Anfiteatro Morenico del Garda

L'assetto geologico-stratigrafico dell'Anfiteatro Morenico del Garda, così come dettagliatamente descritto nella Relazione Geologica (doc. rif. A20200DE2RGGE00010010) allegata al progetto definitivo in oggetto, si presenta piuttosto eterogeneo. Una gran varietà di complessi geologici con caratteristiche genetiche, litologiche, granulometriche e tessiture differenti, infatti, si distribuisce sul territorio in esame con spessori e continuità laterale del tutto variabili. Tale complessità si ripercuote, inevitabilmente, sull'assetto idrogeologico di interesse, caratterizzato da un'alternanza caotica di unità a permeabilità anche molto differente.



I corpi morenici, in genere, anche se costituiti in predominanza da ghiaie sabbiose, presentano valori di conducibilità idraulica modesti, in relazione all'abbondante matrice limoso-argillosa che ne controlla la struttura. All'interno degli stessi corpi morenici, in corrispondenza degli orizzonti dominati da matrice più grossolana, la conducibilità idraulica può aumentare anche di diversi ordini di grandezza, ospitando acquiferi, potenzialmente in pressione, di continuità laterale del tutto ridotta.

Alle pendici delle morene affiorano depositi alluvionali antichi e/o recenti, depositi fluvioglaciali e depositi lacustri caratterizzati da tessitura e composizione granulometrica del tutto eterogenea.

Definire in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, in relazione a quanto descritto, risulta pertanto problematico. Risulta difficile, in particolare, determinare un assetto idrogeologico generale che rappresenti l'Anfiteatro Morenico nella sua totalità. Nei paragrafi conclusivi saranno proposti degli approfondimenti mirati a definire con il miglior dettaglio possibile le aree riconosciute come maggiormente critiche (con particolare riferimento al Laghetto del Frassino e alle tratte del tracciato qui previste in galleria).

2.3 Pianura Veneta

La Pianura Veneta può essere divisa, da un punto di vista idrogeologico, in Alta Pianura e Bassa Pianura, separate tra loro dalla Linea delle Risorgive.

L'Alta Pianura, costituita da potenti spessori di depositi sciolti grossolani (ghiaie e sabbie di elevata conducibilità idraulica) ospita un importante sistema acquifero, rappresentato da un'unica falda freatica di grande spessore e continuità laterale. Tale acquifero, continuamente alimentato dalle acque meteoriche, dall'idrografia superficiale e dalle acque irrigue, presenta un'ottima efficienza, venendo abbondantemente sfruttato dai numerosi pozzi pubblici e privati qui in emungimento.

La Bassa Pianura, invece, è rappresentata da un'alternanza di orizzonti a granulometria diversa. Si tratta, in genere, di depositi ghiaioso sabbiosi alternati ad orizzonti limoso argillosi. Gli orizzonti impermeabili, non omogenei nello spessore e nella continuità laterale, sono organizzati in lenti, che diventano via via dominanti spostandosi verso Sud.

La Bassa Pianura è sede di diverse falde sovrapposte, delle quali la prima, superficiale, è libera mentre le altre sono in pressione. La prima falda e le falde artesiane profonde sono direttamente alimentate dalla falda freatica dell'Alta Pianura, rappresentando, nella realtà, un unico grande sistema acquifero.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
11di133

La direzione principale del flusso idrico sotterraneo segue, come già descritto nella Pianura Lombarda, la direzione NNO-SSE. La soggiacenza media si mantiene su valori modesti (con massimi di 15-20 metri); le oscillazioni stagionali del livello piezometrico non dovrebbero superare i 5-10 metri.

3. CLIMATOLOGIA

L'intero tracciato della linea ferroviaria in progetto si sviluppa su di un territorio con caratteristiche meteorologiche essenzialmente omogenee.

Le condizioni climatiche padane sono in buona approssimazione di tipo continentale, con inverni rigidi ed estati calde, elevata umidità, nebbie frequenti, piogge piuttosto limitate (600-1100 mm/anno) e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno. La distribuzione annuale delle precipitazioni presenta due massimi, uno principale in autunno (ottobre-novembre) e uno secondario in primavera (maggio-giugno). Il mese mediamente più freddo è gennaio, mentre quello mediamente più caldo è luglio.

Nel tentativo di formulare un bilancio idrologico dei bacini interessati dallo studio, i primi dati necessari da considerare sono quelli inerenti al regime pluviometrico e a quello termometrico. E' importante, a tale riguardo, segnalare le difficoltà incontrate in fase di acquisizione dati. Le serie storiche dei dati meteorologici lombardi, infatti, gestite da ERSAL (Ente Regionale di Sviluppo Agricolo della Lombardia) fino al 2003, sono dal gennaio 2004 di competenza di ARPA Lombardia, Settore Aria, U.O. Meteorologia. Nelle successive fasi progettuali, acquisiti i dati meteorologici delle stazioni di Treviglio, Chiari, Castenedolo, Poncarale, Lonato, e Sirmione, sarà possibile approfondire queste tematiche. Le considerazioni che seguono, basate su dati bibliografici (L. Mariani, ERSAL "Meteorologia e clima" e aa.vv., Regione Veneto, Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera) e sui dati diretti a disposizione (stazioni meteorologiche di Monza, Brescia e Peschiera del Garda), in relazione alla prevista omogeneità nella distribuzione dei caratteri climatici, presumibile lungo tutto il territorio interessato dal tracciato della linea ferroviaria in progetto, dovrebbero essere comunque del tutto valide.

3.1 Il clima della Pianura Lombarda

Per definire il clima del territorio lombardo interessato dal tracciato della linea ferroviaria in progetto, si è fatto riferimento ai dati acquisiti dalla stazione meteorologica di Monza (decennio 1991-2001) e ai dati acquisiti dalla stazione di Brescia (1950 – 1996).

3.1.1 Pluviometria

Nelle tabelle che seguono (tab. 3.1 e tab. 3.2) sono rispettivamente riportate le precipitazioni medie mensili (mm pioggia) e il numero di giorni piovosi registrati nel decennio 1991-2001 dalla stazione di Monza.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	media
Gennaio	70,4	43,8	8,4	117,8	27,4	178,4	92,6	58,4	111,2	x	125,4	75,8
Febbraio	0,2	35,6	19,4	80,2	54,4	44,8	10,8	33,8	x	7,1	31,8	34,6
Marzo	53,6	38,0	73,6	29,2	47,6	10,6	3,2	11,4	74,6	54,2	152,9	49,5
Aprile	45,2	118,3	69,6	87,6	49,6	63,2	21,0	104,2	105,8	88,0	45,2	75,3
Maggio	56,0	69,0	49,2	100,0	164,5	79,2	17,0	16,8	38,6	82,0	119,4	77,5
Giugno	39,8	126,0	28,8	43,4	115,8	97,4	186,4	6,2	74,2	26,0	13,9	75,2
Luglio	17,4	141,9	37,0	81,2	6,4	101,6	114,8	95,2	41,7	34,0	18,4	67,1
Agosto	22,8	32,0	110,0	108,8	19,4	137,6	124,0	31,4	112,0	123,6	30,0	83,2
Settembre	92,0	141,8	294,0	171,0	131,2	36,8	1,0	123,6	112,3	73,9	0,0	117,8
Ottobre	101,9	178,0	244,6	56,0	21,6	48,2	32,6	89,4	100,7	247,2	58,0	107,1
Novembre	49,4	30,4	82,4	153,8	66,5	137,8	142,6	13,2	4,8	292,4	40,5	100,9
Dicembre	1,8	94,2	17,4	43,2	77,6	49,2	151,5	17,2	30,5	92,9	x	59,8
Anno	550,5	1049	1034,4	1072,2	782	984,8	897,5	600,8	806,4	1121,3	635,5	924

Tabella 3.1: Precipitazioni mensili registrate nel decennio 1991-2001 (mm) nella stazione meteorologica di Monza.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	media
Gennaio	8	5	3	9	5	14	12	7	5	x	14	7,5
Febbraio	x	4	1	9	5	9	4	2	x	4	6	4,4
Marzo	10	3	5	1	7	3	2	3	8	6	12	4,3
Aprile	4	11	11	11	9	8	1	8	14	13	5	9,8
Maggio	10	10	9	14	14	11	5	2	6	11	7	9,7
Giugno	10	20	3	8	9	9	13	2	11	3	2	9,3
Luglio	3	7	5	5	4	7	5	8	3	3	2	5
Agosto	1	5	6	6	8	12	8	2	9	6	7	6,2
Settembre	5	8	12	10	8	6	1	11	9	5	x	7,5
Ottobre	10	12	20	6	3	9	5	10	11	14	4	10
Novembre	7	5	8	8	8	13	12	5	1	16	5	8,7
Dicembre	x	7	6	4	14	7	10	1	3	10	x	5,4
Anno	68	97	89	91	94	108	78	61	80	91	64	87,7

Tabella 3.2: Numero di giorni piovosi registrati nel decennio 1991-2001 nella stazione meteorologica di Monza.

Dall'analisi delle precedenti tabelle si possono fare le seguenti considerazioni:

- la precipitazione media annua è pari a 924 mm;
- il minimo (550,5 mm) si è registrato nel 1991, mentre il massimo (1121,3 mm) si è registrato nel 2001;
- i mesi con le massime precipitazioni sono, salvo rare eccezioni, sempre ottobre o settembre (con una media, rispettivamente, di 107,1 mm e di 117.8 mm), mentre quello più secco è febbraio (con una media di 34,6 mm);
- il numero medio di giorni piovosi annui è di 87,7, con un minimo (61 giorni) nel 1998 ed un massimo (108 giorni) nel 1996.

I diagrammi che seguono (figg. 3.1 e 3.2) sintetizzano quanto descritto.

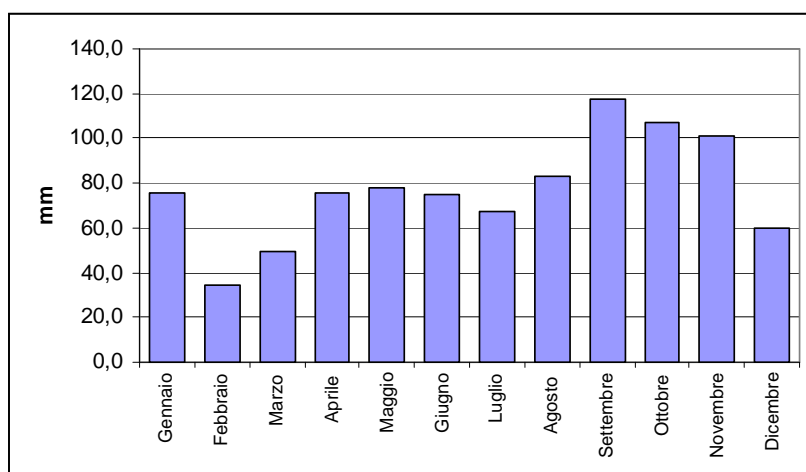


Figura 3.1: Precipitazioni medie mensili (mm di pioggia caduti/mese) relative al decennio 1991-2001.

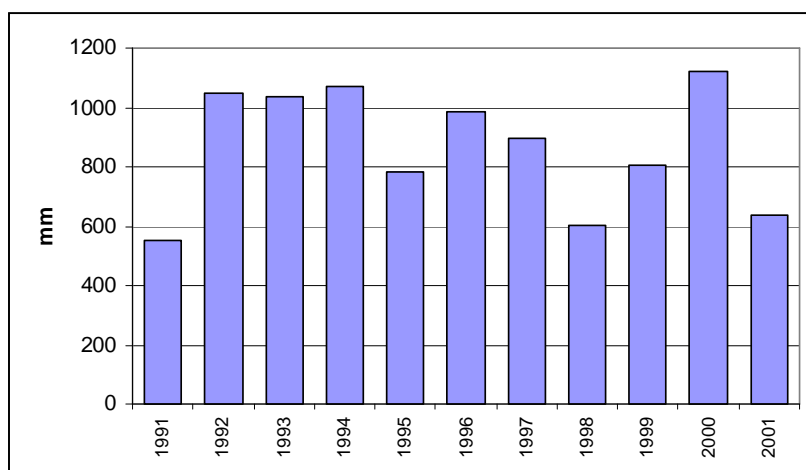


Figura 3.2: Andamento delle precipitazioni annue (mm/anno).

Per la stazione di Brescia, in realtà, non si hanno a disposizione le serie numeriche dei valori registrati anno per anno, ma solo i diagrammi di sintesi.

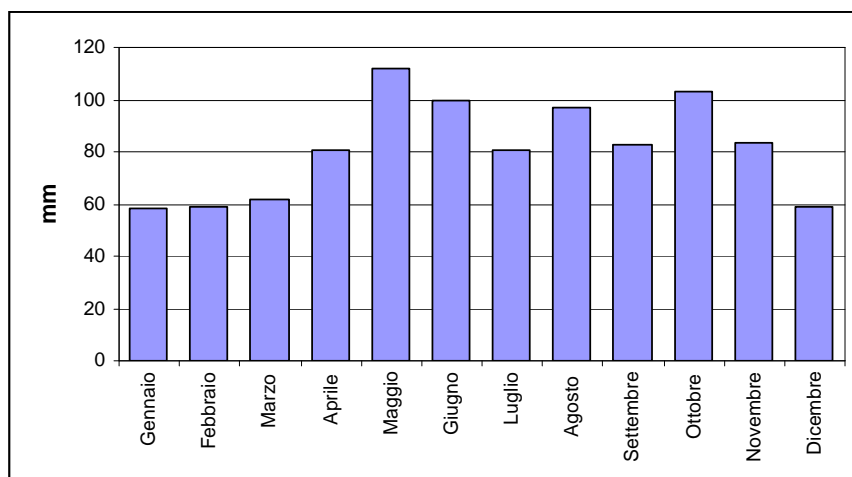


Figura 3.3: Precipitazioni medie mensili (mm di pioggia caduti/mese) registrate nella stazione di Brescia e relative al periodo 1950-1996.

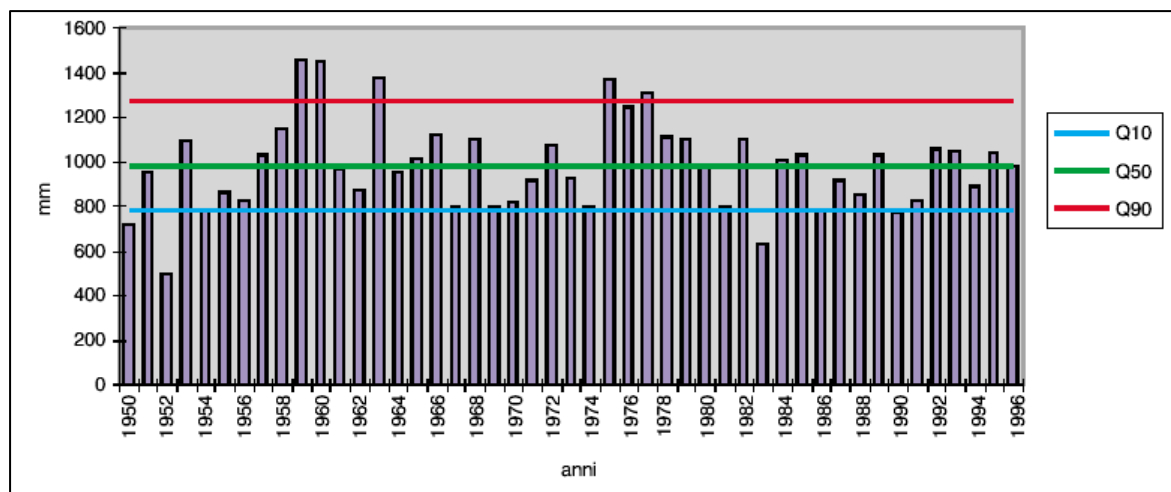


Figura 3.4: Andamento delle precipitazioni annue (mm/anno) [L. Mariani, ERSAL, "Meteorologia e clima"].

Dall'analisi dei precedenti diagrammi si possono fare le seguenti considerazioni:

- la precipitazione media annua è pari, circa, a 1025 mm;
- il minimo (500 mm circa) si è registrato nel 1952, mentre il massimo (1450 mm circa) si è registrato nel 1959 e nel 1960;



- i mesi con le massime precipitazioni sono maggio (con una media di 112 mm circa) e ottobre (con una media di 103 mm circa), mentre quello più secco è gennaio (con una media di 58 mm circa).

Nella tabella che segue vengono riportati, per alcune stazioni meteorologiche distribuite lungo il tracciato in esame, i valori di precipitazioni (mm/anno) minime, medie e massime relative al periodo 1891-1990. I dati fanno riferimento al lavoro di Ceriani M. *et al.* (Regione Lombardia, Servizio Geologico, Ufficio Rischi Geologici).

Località	Media (mm/anno)	Minima (mm/anno)	Massima (mm/anno)
Treviglio	919.5	552.6	1306.7
Brescia	980.7	497.6	1666.1
Chiari	971.6	536.0	1598.1
Desenzano	928.4	566.0	1379.7
Sirmione	869.4	655.9	1262.1

Tabella 3.3: Precipitazioni (mm/anno) medie, minime e massime rilevate in alcune stazioni meteorologiche distribuite lungo il tracciato in oggetto.

Le carte tematiche che seguono (figg. 3.5-3.7), elaborate dalla Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, U.O. Difesa del Suolo, sintetizzano quanto detto.

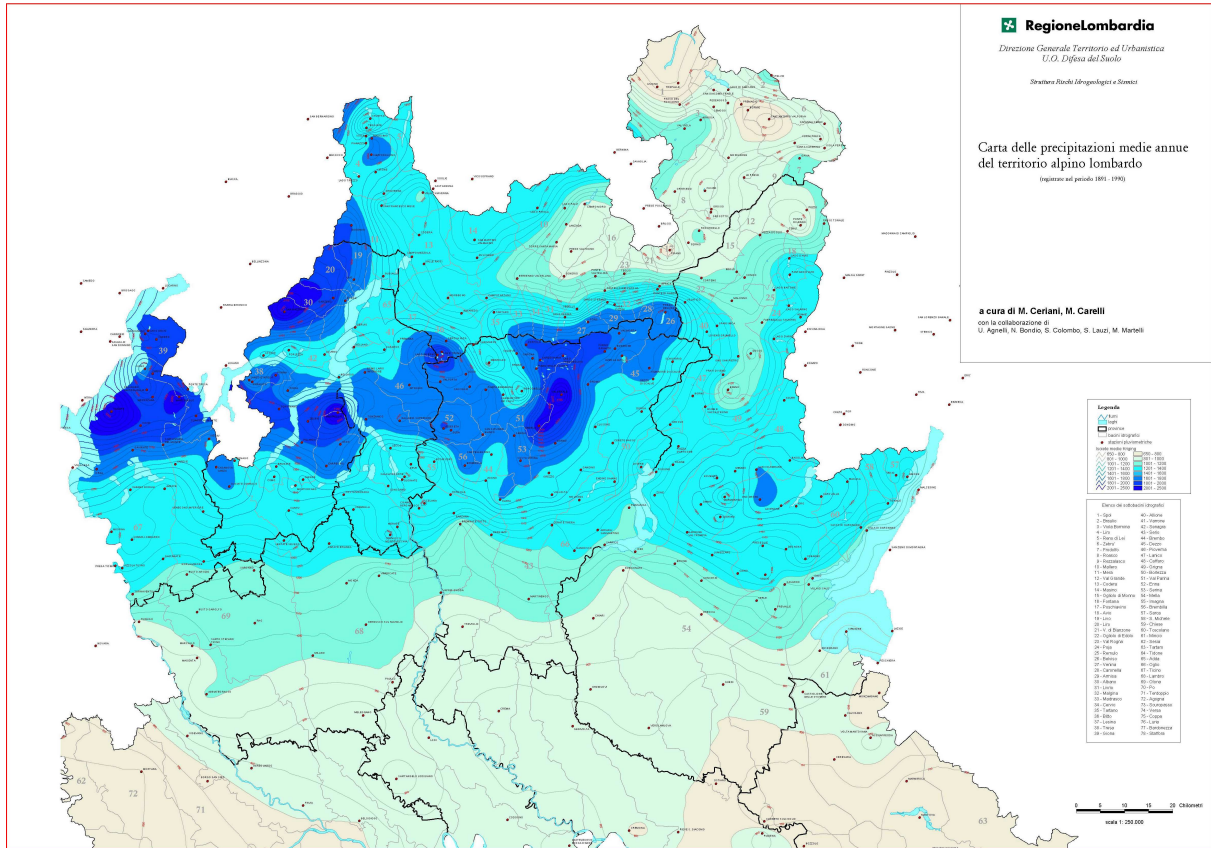


Figura 3.5: Carta delle Precipitazioni medie del territorio lombardo (Ceriani M. et al.).

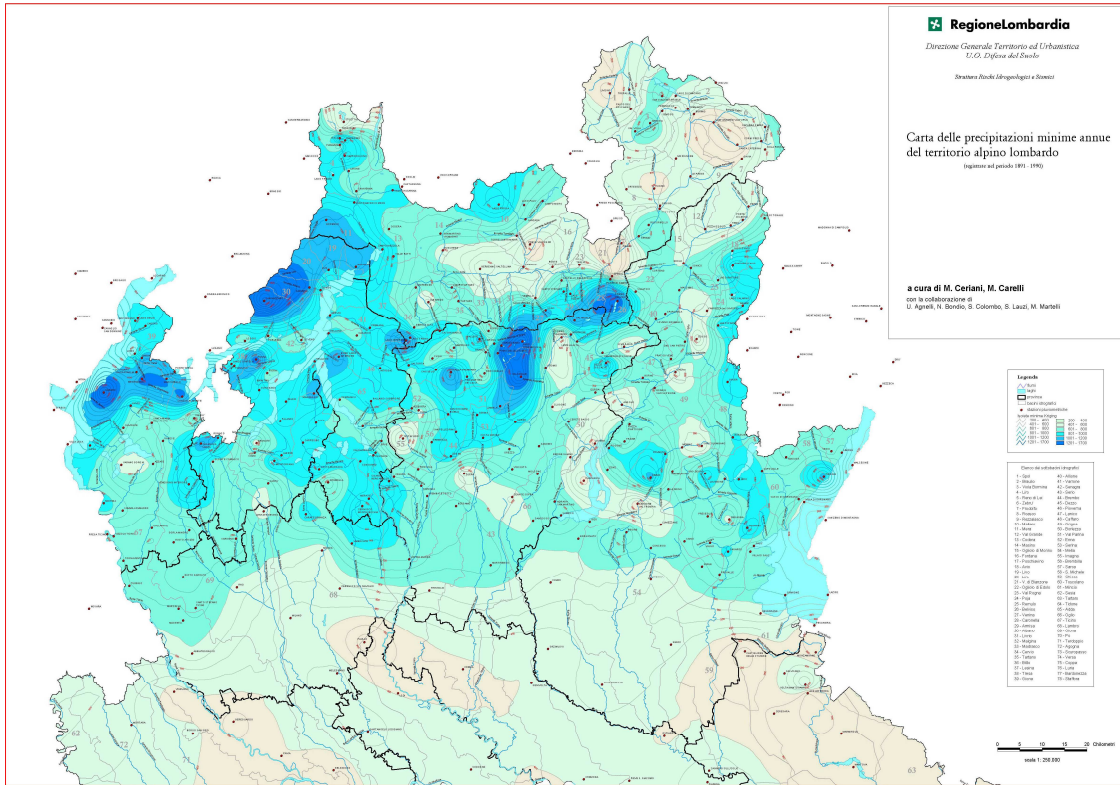


Figura 3.6: Carta delle Precipitazioni minime del territorio lombardo (Ceriani M. et al.).

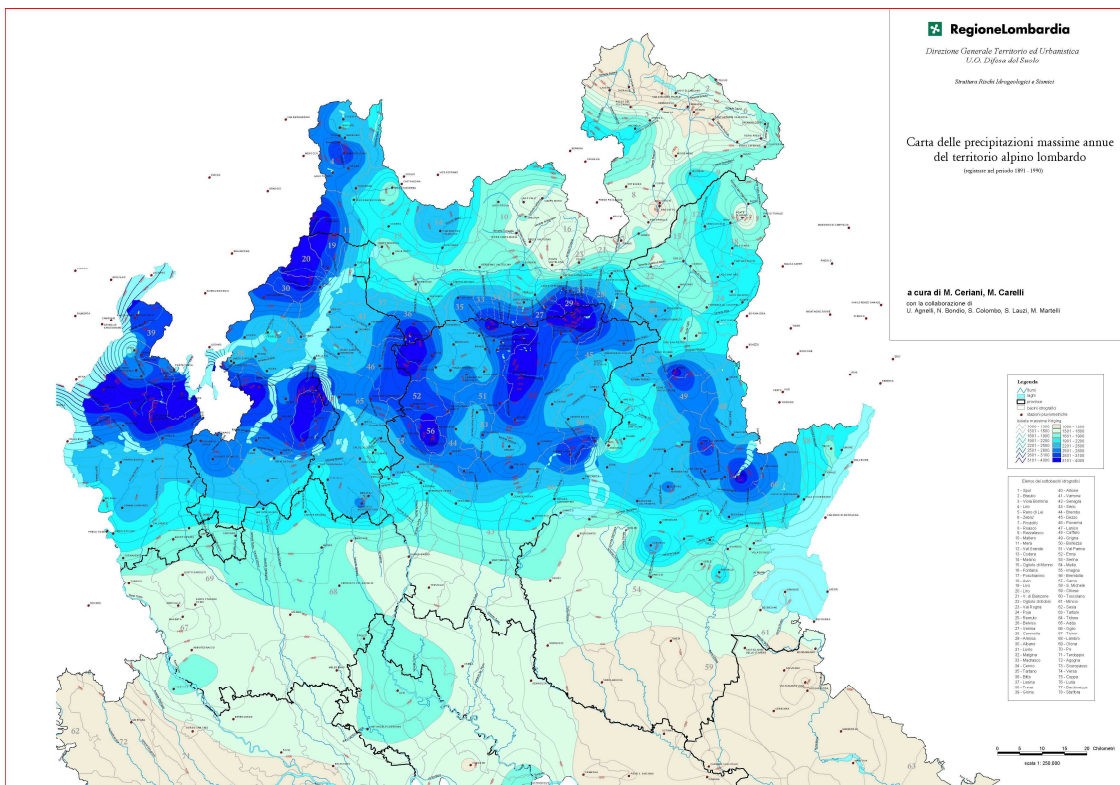


Figura 3.7: Carta delle Precipitazioni massime del territorio lombardo (Ceriani M. et al.).

L'analisi di queste carte tematiche (figg. 3.5–3.7) conferma l'estrema omogeneità nella distribuzione delle precipitazioni medie, minime e massime lungo tutto il territorio interessato dall'attraversamento della linea ferroviaria in oggetto.

3.1.2 Termometria

Nella tabella che segue (tab. 3.4) sono riportate le temperature medie mensili rilevate nella stazione di Monza nel decennio 1991-2001.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Media
Gennaio	1	0,8	2,7	4,9	3,6	3,3	3,9	2,5	4,2	2,1	3,3	2,9
Febbraio	1,9	3,4	3,2	3,8	6,7	3,1	6,2	5,7	4,7	5,5	4,9	4,5
Marzo	11	7,8	6,7	11,4	8,3	6,8	10,9	6,8	8,2	x	9,4	8,7
Aprile	9,4	10,7	11,2	12,1	13,2	12,9	11,5	10,1	11,8	12	12,7	11,6
Maggio	12,3	17,1	16,4	17,7	17,4	16,7	17,7	24,4	17,9	18,4	20,1	17,8
Giugno	18,2	18,1	20,1	21	19,8	21,7	20,1	x	20	21,6	22,6	20,3
Luglio	23,3	21,4	20,3	25,8	26,4	21,5	21,9	22,1	22,7	20,7	23,6	22,7
Agosto	23,4	23,1	22,3	24,8	23,7	21,7	22	22,5	21,7	23,7	24,9	23,1
Settembre	18,9	17,3	16,7	18,7	17,9	16	19,2	16,7	19,1	19,1	x	18
Ottobre	10,4	10,6	12,7	13,3	16	13,9	12,6	11,1	12,6	14	14,6	12,9
Novembre	4,7	7,7	6,5	10,2	8,6	8,5	6,9	4,2	x	8,2	6,7	7,2
Dicembre	0,7	3,9	4,3	5,4	5,2	4,2	3,5	2	1,5	4,1	1,5	3,3
Anno	11,2	11,8	11,9	14,1	13,9	12,5	13	11,6	13,1	13,6	13,1	12,7

Tabella 3.4: Temperature medie mensili registrate nella stazione di Monza nel decennio 1991-2001.

Dall'analisi della precedente tabella si possono fare le seguenti considerazioni:

- il mese più freddo è, in genere, gennaio (con una temperatura media di 2.9°C), ma rimangono a clima "freddo" anche i mesi di febbraio (4.5°C) e di dicembre (3.3°C);
- i mesi più caldi sono agosto (con una temperatura media di 23.1°C), luglio (22.7°C) e giugno (20.3°C);
- la temperatura media annua è di 12.7°C, l'anno più caldo è stato il 1994 (con una temperatura media di 14,1°C), il più freddo è stato il 1991 (con una temperatura media di 11.2°C).

Il diagramma che segue (figura 3.8) sintetizza quanto detto.

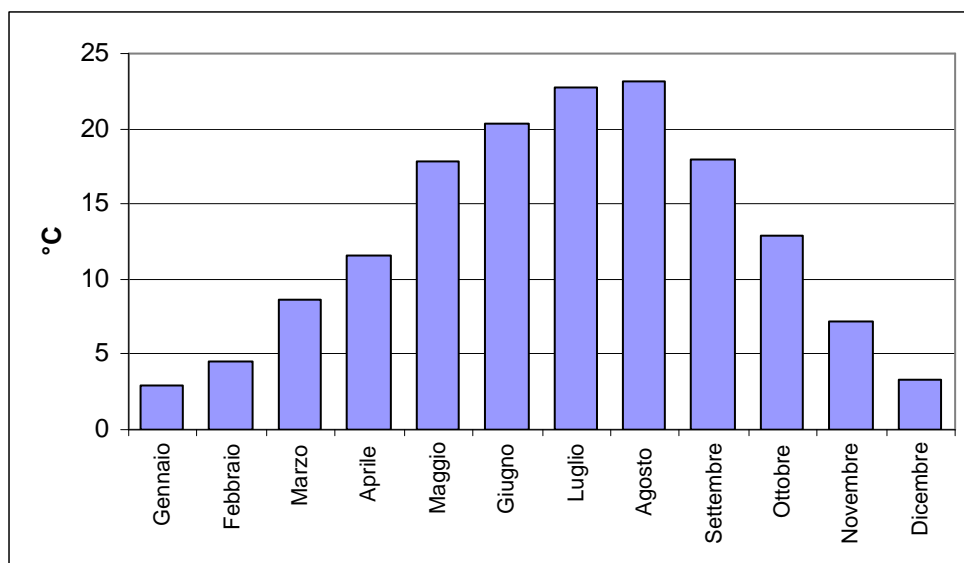


Figura 3.8: Distribuzione delle temperature medie mensili.

Può essere utile soffermarsi anche nell'analisi dei valori medi di temperatura minima e massima registrati (tab. 3.5).

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Minimo	-10	-9	-6	-2,5	-0,5	6	7	8,5	4	-4	-9	-11
Massimo	19	22	26	26	31,5	35	37,5	37	31	28,5	21,5	17,5

Tabella 3.5: Valori medi di minimo e massimo (°C) riferiti al decennio 1991-2001.

Nella tabella che segue (tab. 3.6) sono presentate le temperature medie mensili relative alla stazione di Brescia, riferite al periodo di tempo compreso tra il 1953 e il 1994.

		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Massimi	Media	6.5	9.6	14.5	18.3	23.4	27.1	30	29.4	25.5	19.7	12.2	7.6
	Min.	2.4	3.1	10.2	15.5	17.9	24.6	27.1	25.9	17	16	8.5	2.5
	Max	10.3	18.6	19.3	21.8	26.7	31.1	32.8	32.4	28.9	23.3	15.3	11.2
Minimi	Media	-1.5	0.1	3.8	7.4	11.9	15.6	17.9	17.4	14.0	8.9	3.8	-0.5
	Min.	-5.5	-6.6	0.6	4.8	9.4	12.6	14.9	14.7	10.3	5.3	-1.4	-4.4
	Max	3.2	4.4	7.4	10.3	15.6	18.9	20.9	20.5	17.5	12.8	7.6	3.7
Media		2.5	4.85	9.15	12.8	17.6	21.3	23.9	23.4	19.7	14.3	8.0	3.55

Tabella 3.6: Valori medi di minimo e massimo (°C) riferiti al periodo 1953-1994.

Dall'analisi della precedente tabella si possono fare le seguenti considerazioni:



- il mese più freddo è, in genere, gennaio (con una temperatura media di 2.5°C), ma rimangono a clima "freddo" anche febbraio (4.85°C) e dicembre (3.55°C);
- i mesi più caldi sono, in genere, luglio (con una temperatura media di 23.9°C), agosto (23.4°C) e giugno (21.3°C);
- la temperatura media annua è di 13.45°C.

3.2 Il clima dell'Anfiteatro Morenico del Garda

Da un punto di vista meteorologico, il territorio dell'Anfiteatro Morenico del Garda non presenta caratteristiche peculiari rispetto a quanto introdotto per la Pianura Lombarda.

L'analisi delle tabelle (tab. 3.3.) e, soprattutto, delle carte tematiche proposte (figg. 3.5 – 3.7), conferma quanto detto.

Le precipitazioni medie annue si mantengono su valori del tutto confrontabili, anche se mediamente minori, rispetto a quelli registrati nel territorio di pianura (Desenzano del Garda, 928.4 mm/anno; Sirmione 869.4 mm/anno).

Per approfondire queste tematiche vengono di seguito proposti i dati relativi alla stazione meteorologica di Peschiera del Garda. I valori espressi, relativi ad un periodo di tempo compreso tra il 1921 e il 1986, dovrebbero essere ben rappresentativi delle condizioni climatiche medie dell'Anfiteatro Morenico del Garda.

3.2.1 Pluviometria

Nella tabella che segue (tab. 3.7) sono proposti i valori di precipitazione media mensile (mm/mese) registrati a Peschiera del Garda tra il 1921 e il 1986.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale
mm/mese	50,5	47,2	57,4	66,7	85,7	72,5	61,7	66,0	64,5	76,7	77,6	54,3	778,9

Tabella 3.7: Precipitazioni medie mensili (mm/mese) relative all'intervallo di tempo 1921-1986.

Nella tabella che segue (tab. 3.8), invece, sono riportate le precipitazioni medie annue (mm/anno) registrate nella stessa stazione di Peschiera del Garda nello stesso periodo di tempo (1921-1986).

Anno	mm/anno	Anno	mm/anno	Anno	mm/anno
1921	647	1944	344	1967	733
1922	716	1945	323	1968	966
1923	717	1946	483	1969	659
1924	850	1947	768	1970	771
1925	792	1948	703	1971	700
1926	904	1949	533	1972	1076
1927	768	1950	582	1973	803
1928	861	1951	940	1974	585
1929	588	1952	503	1975	746
1930	919	1953	920	1976	707
1931	817	1954	748	1977	831
1932	732	1955	920	1978	615
1933	823	1956	550	1979	840
1934	1127	1957	809	1980	693
1935	904	1958	982	1981	572
1936	868	1959	1088	1982	799
1397	992	1960	1387	1983	464
1938	465	1961	861	1984	826
1939	894	1962	799	1985	726
1940	593	1963	1142	1986	682
1941	853	1964	1091		
1942	584	1965	1052		
1943	560	1966	1100		

Tabella 3.8: Precipitazioni medie annue (mm/anno).

Dall'analisi delle precedenti tabelle si possono fare le seguenti considerazioni:

- la precipitazione media annua è pari a 778.9 mm;
- il minimo (323 mm) si è registrato nel 1945, mentre il massimo (1387 mm) si è registrato nel 1960;
- il mese con le massime precipitazioni è maggio (con una media di 85.7 mm/mese), ma rimangono ad alta piovosità anche ottobre (con una media di 76.7 mm) e novembre (con una media di 77.6 mm);
- Il mese con le precipitazioni minime è febbraio, con una media di 47.2 mm di pioggia caduta.

I diagrammi che seguono (figg. 3.9–3.10) confermano le considerazioni fatte.

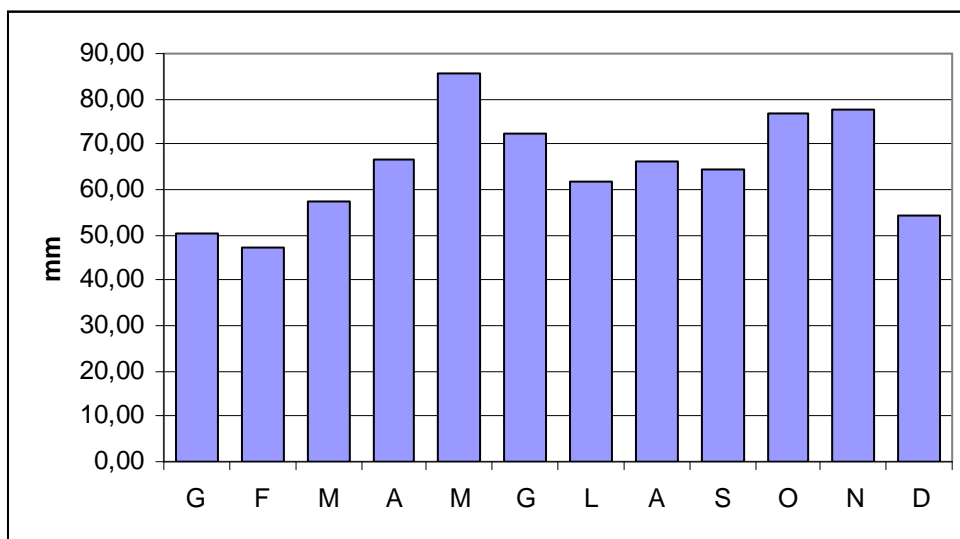


Figura 3.9: Precipitazioni medie mensili (mm di pioggia caduti/mese) registrate nella stazione di Peschiera del Garda e relative al periodo 1921-1986.

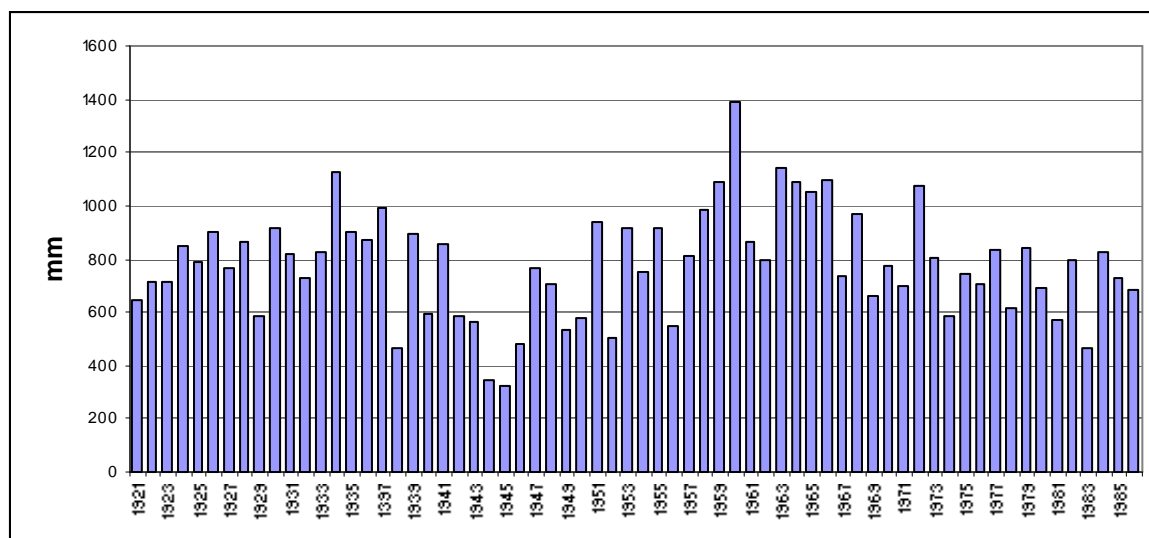


Figura 3.10: Andamento delle precipitazioni annue (mm/anno).

3.2.2 Termometria

Nella tabella che segue (tab. 3.9) sono presentate le temperature medie mensili registrate nella stazione di Peschiera del Garda, nel periodo di tempo compreso tra il 1925 e il 1986.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media annua
°C	3,0	4,9	8,9	13,2	17,3	21,4	24	23,3	19,8	14,4	8,7	4,3	13.6

Tabella 3.9: Temperature medie mensili registrate nella stazione di Peschiera del Garda tra il 1925 e il 1986.

Dall'analisi della precedente tabella si possono fare le seguenti considerazioni:

- il mese più freddo è, in genere, gennaio (con una temperatura media di 3.0°C), ma rimangono a clima "freddo" anche febbraio (4.9°C) e dicembre (4.3°C);
- i mesi più caldi sono, in genere, luglio (con una temperatura media di 24.0°C), agosto (23.3°C) e giugno (21.4°C);
- la temperatura media annua è di 13.60°C.

Il diagramma che segue (fig. 3.11) sintetizza quanto detto.

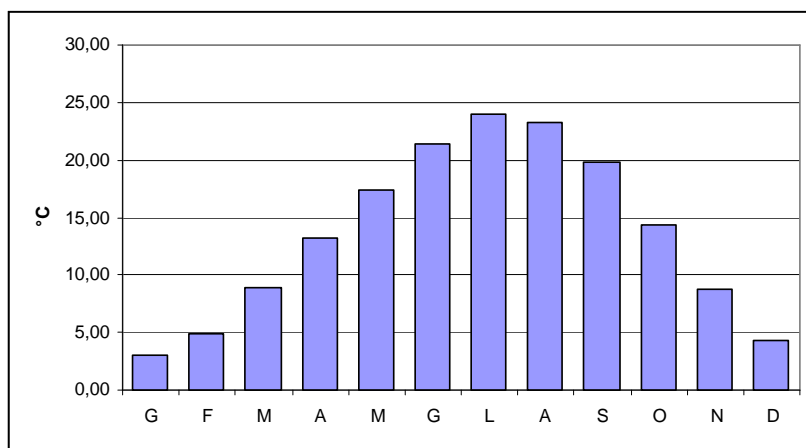


Figura 3.11: Distribuzione delle temperature medie mensili.

I dati termometrici registrati dalla stazione di Peschiera del Garda, si mantengono su valori del tutto confrontabili rispetto a quanto registrato nelle stazioni di Brescia e di Monza. Si conferma l'omogeneità nella distribuzione delle caratteristiche meteorologiche lungo tutto il tracciato della linea ferroviaria in progetto.

3.3 Il clima della Pianura Veneta

Per definire il clima del territorio veneto interessato dal tracciato della linea ferroviaria in progetto, si è fatto riferimento ai dati acquisiti dalla stazione meteorologica di Peschiera del Garda e a quanto indicato nel Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera (ARPAV, Centro Meteorologico di Teolo).

3.3.1 Pluviometria

Le carte tematiche che seguono (figg. 3.12 – 3.14), elaborate da ARPAV, Centro Meteorologico di Teolo, inquadrano in modo molto dettagliato gli aspetti pluviometrici caratteristici del territorio di interesse.

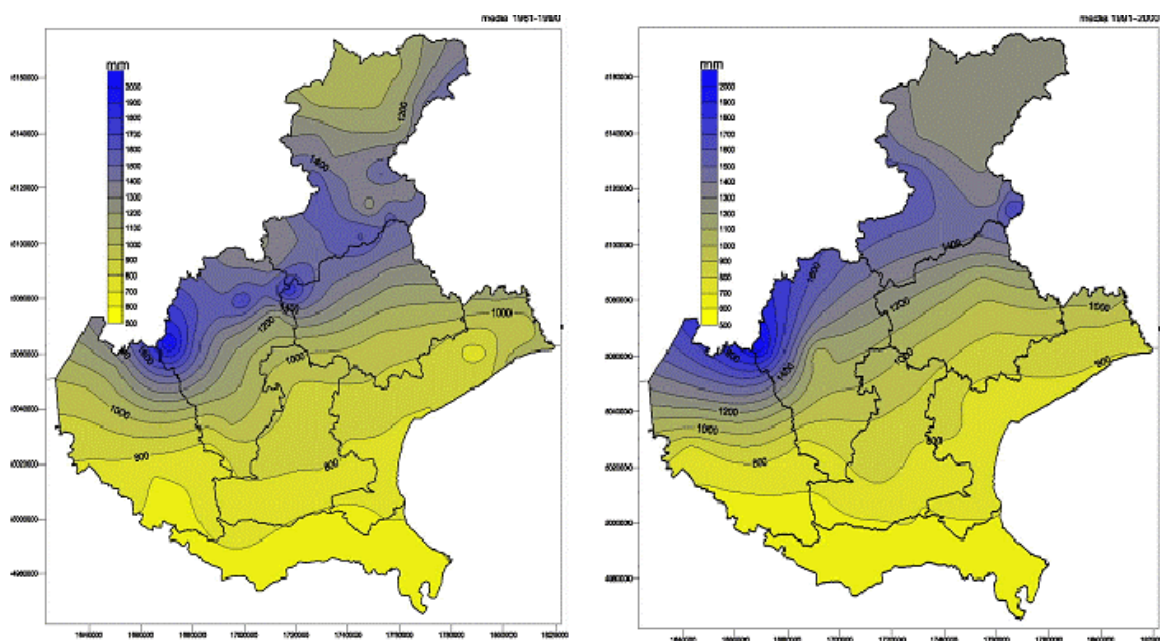


Figura 3.12: Distribuzione delle precipitazioni medie annue per i periodi 1961-1990 e 1991-2000.

Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
25di133

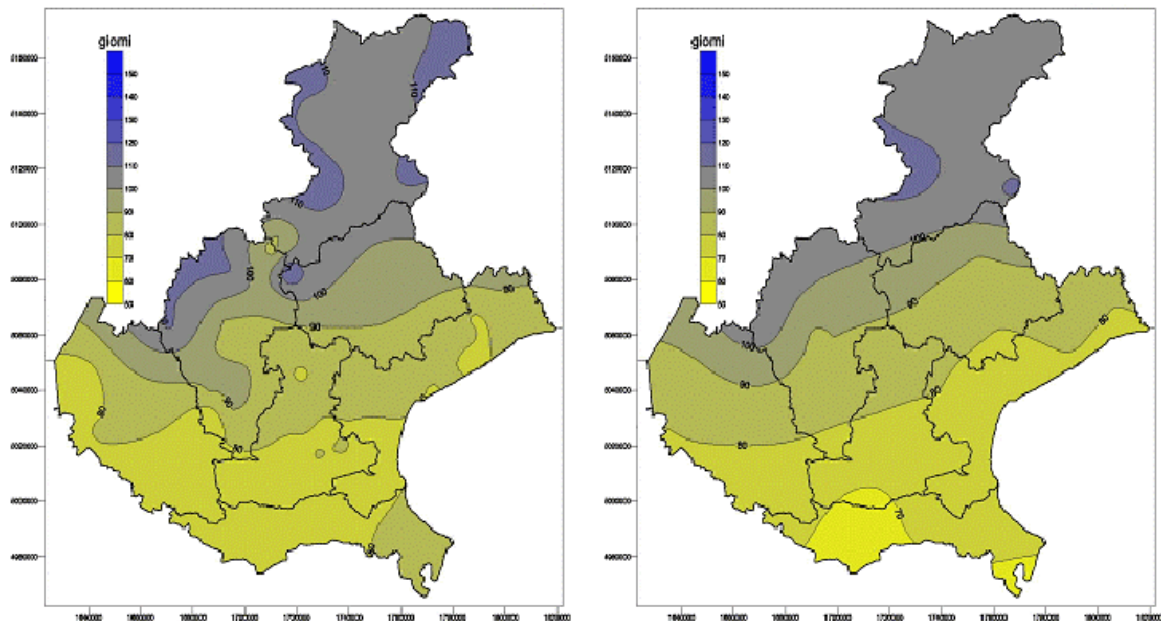
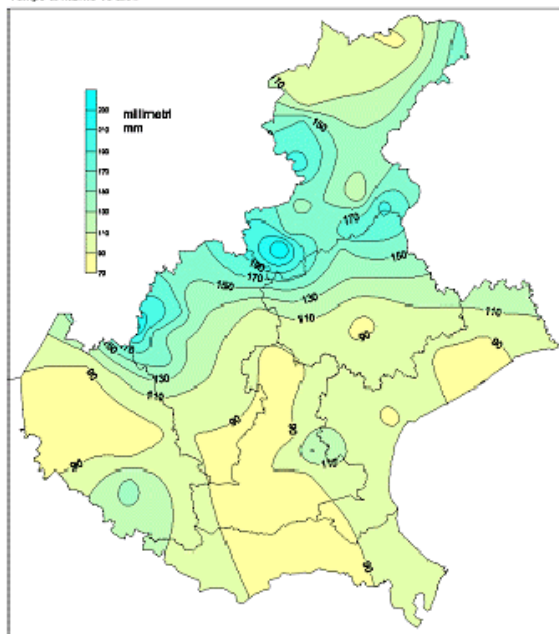


Figura 3.13: Distribuzione dei giorni piovosi medi annui per i periodi 1961-1990 e 1991-2000.

Precipitazioni di massima intensità di durata 1 giorno
Tempo di ritorno 10 anni



Precipitazioni di massima intensità di durata 1 giorno
Tempo di ritorno 50 anni

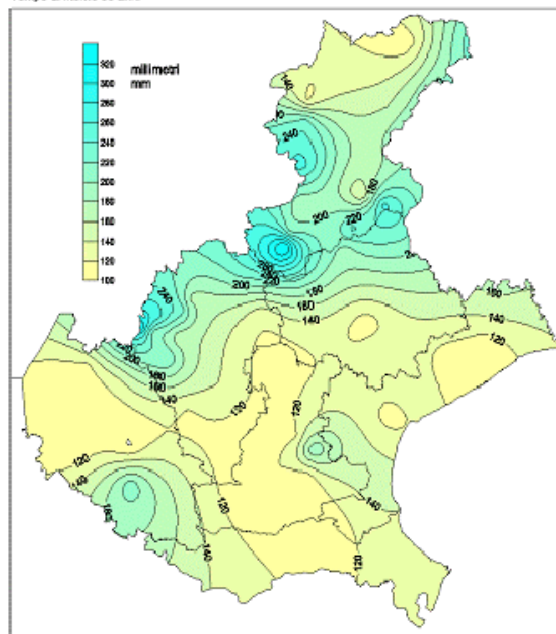


Figura 3.14: Distribuzione delle precipitazioni massime di durata giornaliera con tempi di ritorno di 10 e 50 anni

In generale l'andamento delle precipitazioni medie annue (fig. 3.12) si può ritenere, a scala regionale, crescente da Sud verso Nord, passando dai 700 mm registrati a Rovigo ai 1200 mm

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
26di133

di Bassano del Grappa. La fascia interessata dal tracciato della linea ferroviaria in progetto, si sviluppa a cavallo dell'isoieta dei 900 mm/anno, valore del tutto confrontabile con quanto già descritto per il territorio di pertinenza lombarda. Le precipitazioni medie stagionali sono controllate da diversi fattori: l'arrivo delle perturbazioni atlantiche in primavera e in autunno (a cui corrispondono i due picchi di massimo nella distribuzione delle precipitazioni mensili) e i temporali estivi di origine termoconvettiva. Più rare sono le precipitazioni invernali.

Il numero di giorni piovosi annui (fig. 3.13) assume un andamento sul territorio simile a quello delle precipitazioni: crescente da Sud verso Nord, con valori compresi tra 70-80 giorni di pioggia/anno nella pianura meridionale, tra 80-100 giorni di pioggia/anno nella fascia della pianura centrale e con valori superiori ai 100 giorni di pioggia /anno nelle zone montane. La fascia interessata dal tracciato della linea ferroviaria in progetto, si sviluppa a cavallo dell'isocrona degli 80 giorni di pioggia/anno.

La distribuzione delle massime intensità di precipitazione giornaliera (fig. 3.14) segue, a sua volta, un andamento essenzialmente fedele a quello delle precipitazioni medie annue. Tutta la fascia prealpina rimane dunque la più piovosa, con punte di intensità giornaliera particolarmente elevate nelle zone dell'alto vicentino, del Feltrino e nel Bellunese. La parte centro-meridionale della pianura rappresenta, invece, la zona meno piovosa della regione, con valori massimi giornalieri inferiori ai 100 mm/g (per tempi di ritorno di 10 anni) e ai 130 mm/g (per tempi di ritorno di 50 anni).



3.3.2 Termometria

Le carte tematiche che seguono (figg. 3.15–3.17), elaborate da ARPAV, Centro Meteorologico di Teolo, inquadrano in modo molto dettagliato gli aspetti termometrici caratteristici del territorio di interesse.

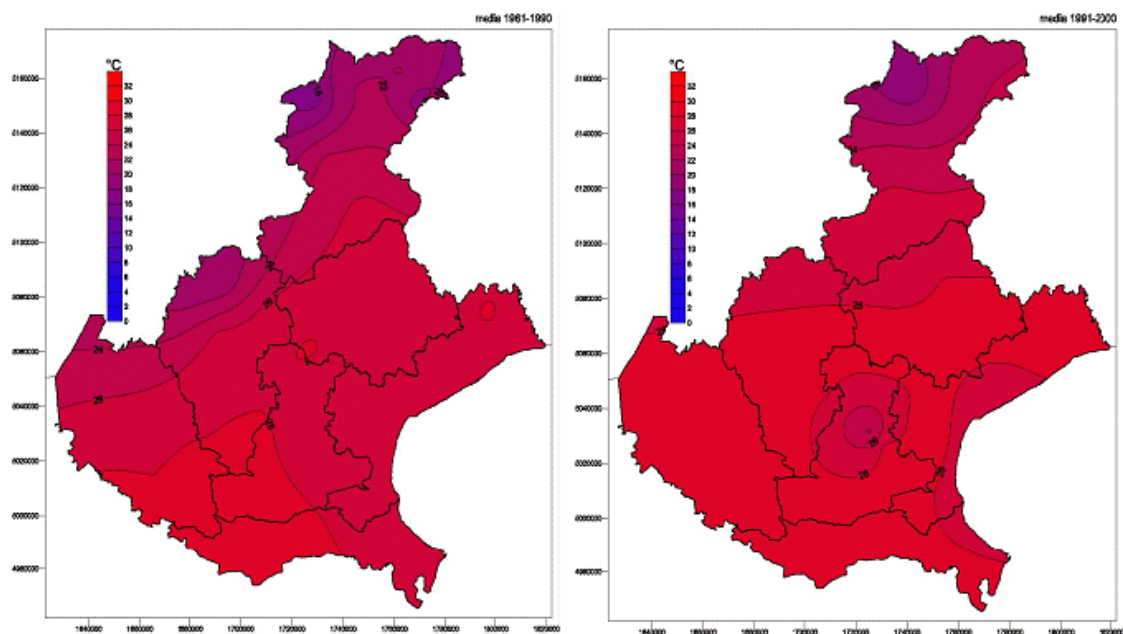


Figura 3.15: Distribuzione della media delle temperature massime estive per i periodi 1961-1990 e 1991-2000.

Dalla distribuzione dei valori di temperatura su base stagionale si evince che, per quanto riguarda i valori massimi in estate (fig. 3.15), le temperature più elevate vengono misurate nelle pianure veronese e vicentina, nella bassa padovana e nel Polesine occidentale, con valori medi superiori ai 28°C.

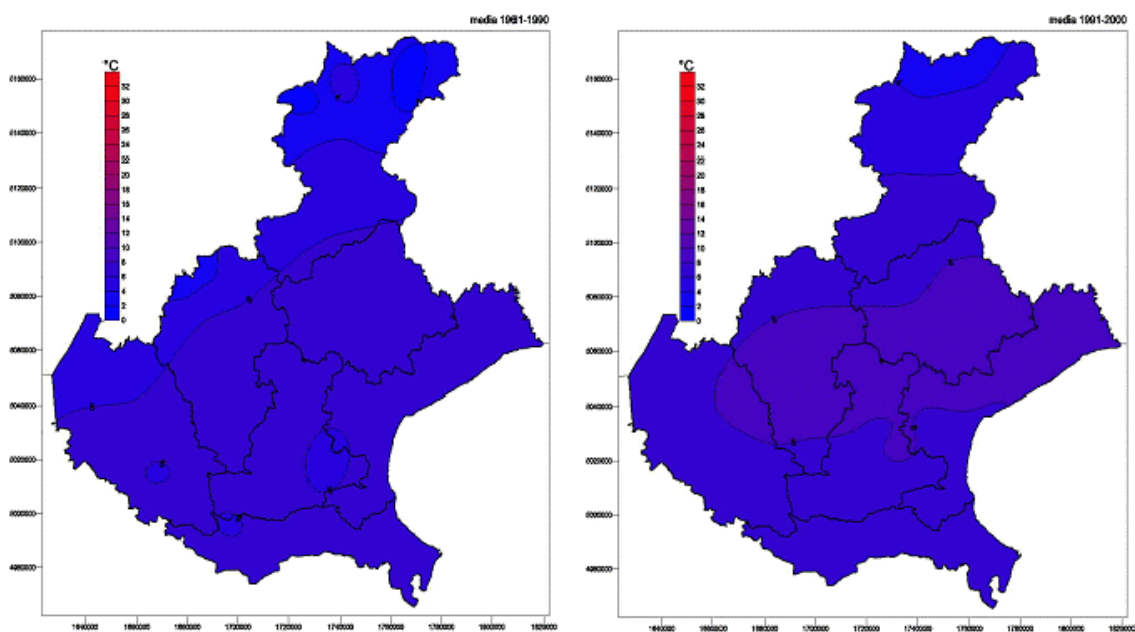


Figura 3.16: Distribuzione della media delle temperature massime invernali per i periodi 1961-1990 e 1991-2000.

In autunno e in inverno (fig. 3.16) l'area a temperature massime più alte si sposta sulla fascia pedemontana. E' interessante segnalare un certo innalzamento, rispetto ai valori registrati nei settori vicini, anche nel settore del Garda, probabilmente in associazione all'azione mitigante esercitata dal lago.

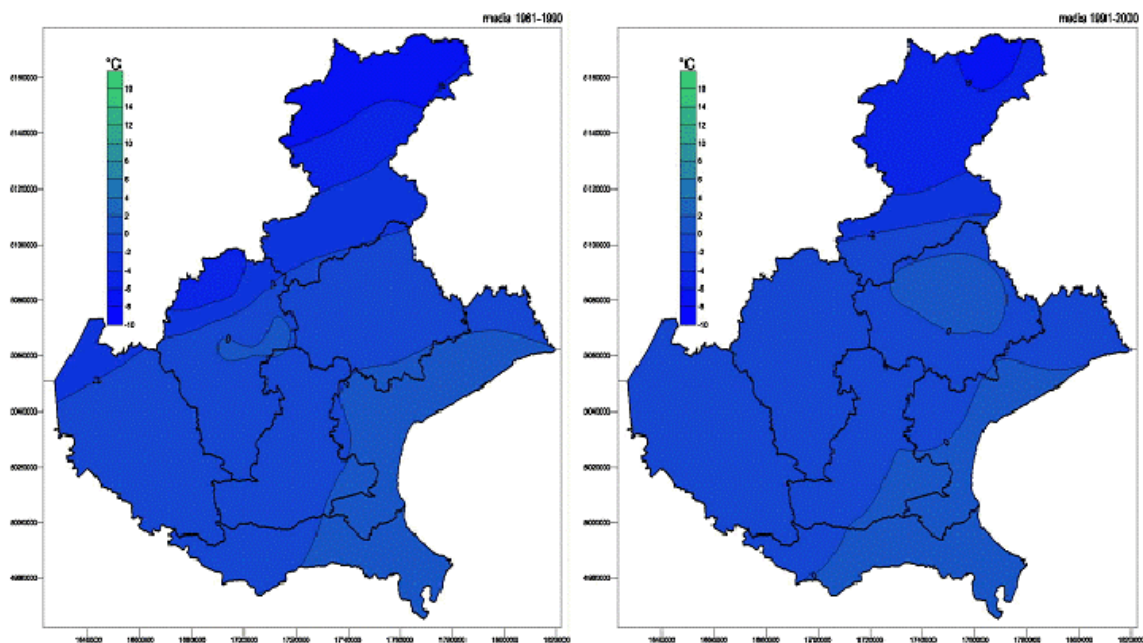


Figura 3.17: Distribuzione della media delle temperature minime invernali per i periodi 1961-1990 e 1991-2000.

4. L'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Nell'area interessata dal tracciato della linea ferroviaria insistono molteplici corsi d'acqua di importanza regionale. Agli affluenti diretti di sinistra del Fiume Po (F. Adda, F. Oglio, F. Mincio) si aggiungono gli affluenti indiretti (F. Serio, F. Mella, F. Vaso e F. Chiese) e i numerosi corsi d'acqua del reticolo idrografico secondario.

I corsi d'acqua descritti, in generale, presentano il classico andamento N-S tipico per questi settori della Pianura Padana e sono per lo più alimentati dallo scioglimento delle nevi alpine.

Nel descrivere le caratteristiche principali dei corsi d'acqua in oggetto, si è fatto particolare riferimento ai Piani di Bacino pubblicati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (Linee Generali di assetto idraulico ed idrogeologico nel bacino dell'Adda, nel bacino dell'Oglio e nel bacino del Mincio).

4.1 Il bacino dell'Adda

Il bacino dell'Adda ha una superficie complessiva di circa 7.927 km², l'81% si trova in ambito montano, mentre il restante 19% si trova in pianura. Il bacino imbrifero dell'Adda è diviso in diversi sottobacini (Adda sopralacuale, Lago di Como, Adda sottolacuale, Brembo e Serio). L'Adda sottolacuale, interessato dal tracciato della linea ferroviaria in oggetto, oltre a ricevere un importante apporto dal Brembo e dal Serio, è alimentato da una fitta rete di corsi d'acqua minori (Enna, Brembilla, Imagna, Lesina, Dordo, Valsecca, Parina, Serina e Quisa) e di canali artificiali.

4.1.1 Il Fiume Adda

Il Fiume Adda (280 km di lunghezza) nasce sopra Bormio (2237 m s.l.m.), scorre per tutta la Valtellina e sfocia nel Lago di Como, di cui è il principale immissario ed emissario. Prima di immettersi nel Lario, il fiume presenta un andamento tipicamente torrentizio, per assumere, in uscita dal lago, l'aspetto tipico di fiume pedemontano.

L'asta del Fiume Adda, a valle della confluenza con il Brembo, è suddivisibile in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche:

- Il tronco di monte si presenta meandriforme, con curvature poco accentuate e presenza di formazioni alluvionali ghiaioso-ciottolose direttamente alimentate dal corso del Brembo. La sezione dell'alveo ha una larghezza media di circa 200 metri e un'altezza media di sponda di circa 6 metri.

- Il tronco intermedio si presenta ancora meandriforme, con una curvatura via via decrescente spostandosi verso la confluenza con il Serio. La geometria dell'alveo è caratterizzata da una larghezza media di 80-100 metri, per una altezza media di sponda di 5.5 metri. La pendenza, modesta, favorisce l'accumulo di depositi medio-fini (sabbie).
- Il tronco finale, prossimo alla confluenza con il Fiume Po, ha un andamento a meandri con curvatura accentuata. La sezione dell'alveo ha una larghezza di 100-120 metri e una altezza media di sponda di 6-7 metri. Il materiale dell'alveo è di tipo ghiaioso, con la possibile presenza di diffuse lenti sabbiose.

Nella tabella che segue (tab. 4.1) sono riportati i valori delle portate di piena storiche relative a diverse stazioni di misura ubicate lungo il bacino dell'Adda.

Sezione	Superficie	H media	H minima	Q massima	q max	Data
	kmq	m s.l.m.	m s.l.m.	mc/s	mc/s/kmq	
Tirano	906	2136	430	540	0.60	01/11/1926
Fuentes	2598	1841	198	1190	0.46	22/08/1911
Ponte di Lecco	4508	1560	197	1070	0.24	06/10/1898
Lavello	4572	1569	195	738	0.16	03/09/1965
Pizzighettone	7775	1157	40	1650	0.21	17/09/1888
Brembo a Ponte Briolo	765	1140	230	1580	2.07	07/11/1928

Tabella 4.1: Valori delle portate di piena storiche.

Nella stazione idrometrica di Lavello, il Fiume Adda mostra una portata media di 157 mc/s, una minima di 18.6 mc/s e una massima di 730 mc/s.

Il deflusso minimo si registra, in genere, in marzo (con una media giornaliera di 88 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in giugno (230 mc/s)

4.1.2 Il Fiume Serio

Il Fiume Serio prende origine dal Pizzo Conca, in comune di Valbondione, e, dopo aver percorso la Val Seriana, sbocca in pianura, per terminare il suo decorso nell'Adda a sud di Crema.

L'asta del Serio, nell'area di pianura, può essere divisa in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche:



- Il primo tronco, compreso tra Alzano Lombardo e il ponte autostradale della A4, è caratterizzato da un alveo a struttura monocursale e andamento sinuoso, solo a tratti incassato tra alte scarpate.
- Il secondo tronco, compreso tra l'autostrada A4 e l'abitato di Mozzanica, si presenta con un decorso piuttosto complesso, diviso in più rami secondari che insieme definiscono ed isolano innumerevoli banchi di alluvioni grossolane. La linea ferroviaria in progetto ricade in questi settori.
- Nel tratto terminale, da Mozzanica alla confluenza in Adda, il corso d'acqua diventa monocursale ad andamento meandriforme.

Nella tabella che segue (tab. 4.2) sono riportati i valori delle portate di piena storiche registrate nella stazione idrometrica di Ponte Cene sul Serio.

Sezione	Superficie	H media	H minima	Q massima	q max	Data
	kmq	m s.l.m.	m s.l.m.	mc/s	mc/s/kmq	
Serio a Ponte Cene	455	1335	353	547	1.20	10/11/1927

Tabella 4.2: Valori delle portate di piena storiche.

Nella stazione idrometrica di Ponte Cene, il Fiume Serio mostra una portata media di 21 mc/s, una minima di 1.44 mc/s e una massima di 323 mc/s.

Il deflusso minimo si registra, in genere, in gennaio (con una media giornaliera di 11 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in maggio (32 mc/s).

4.2 Il bacino dell'Oglio

Il bacino dell'Oglio ha una superficie complessiva di circa 6360 km², il 54% dei quali in ambito montano. Il bacino comprende: il F. Oglio, il F. Cherio, il F. Caffaro, il F. Chiese, il F. Mella, il T. Garza, il C. Naviglio Grande Bresciano e il C. Tartaro Fuga.

4.2.1 Il Fiume Oglio

Il Fiume Oglio si origina a Ponte di Legno, percorre la Val Camonica e si immette, al termine del suo tratto montano, nel Lago di Iseo. Una volta uscito dall'Iseo, in località Sarnico, l'Oglio corre in pianura, per sfociare direttamente nel Po, in prossimità di Borgoforte.

Nel tratto sopralacuale l'Oglio riceve numerosi affluenti, in genere a carattere torrentizio, mentre nel tratto di pianura i due affluenti principali sono il Fiume Mella e il Fiume Chiese.

L'asta del Fiume Oglio, nell'area di pianura, può essere divisa in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche:

- Dall'uscita dal Lago d'Iseo a Palazzolo sull'Oglio il fiume scorre con andamento sinuoso in un fondovalle piuttosto stretto tra alte scarpate di erosione. L'alveo ha struttura monocursale.
- Da Soncino alla confluenza con il Mella l'alveo diventa prevalentemente monocursale meandriforme, con tratti interessati da paleoalvei che testimoniano una certa instabilità morfologica pregressa.
- Dalla confluenza del Mella all'immissione in Po l'alveo mantiene la tendenza meandriforme, anche se a tratti si presenta rettificato. Le golene, definite dagli argini esistenti, diventano molto modeste nel tratto prossimo alla confluenza con il Fiume Chiese.

Nella tabella che segue (tab. 4.3) sono riportati i valori delle portate di piena storiche registrate lungo il corso del Fiume Oglio.

Sezione	Superficie	H media	H minima	Q massima	q max	Data
	kmq	m s.l.m.	m s.l.m.	mc/s	mc/s/kmc	
Temù	119	2204	1140	54	0.45	24/10/1923
Capo di Ponte	777	1857	355	353	0.45	09/10/1933
Capriolo	1842	1429	185	414	0.22	20/09/1960
Castelvisconti	2316	1180	-	418	0.18	01/11/1928

Tabella 4.3: Valori delle portate di piena storiche.

Nella stazione idrometrica di Capriolo, il Fiume Oglio mostra una portata media di 60 mc/s, una minima di 19 mc/s e una massima di 413 mc/s.

Il deflusso minimo si registra, in genere, in marzo (con una media giornaliera di 41 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in giugno (87 mc/s).

4.2.2 Il Fiume Mella

Il Fiume Mella nasce dal Dosso Alto, nei monti della Val Trompia, e dopo un percorso di 96 km confluisce nell'Oglio, in prossimità di Ostiano.



Il Mella può essere diviso in tre tronchi omogenei per caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche:

- Fino a Tavernole il corso d'acqua è caratterizzato da un fondovalle stretto, localmente canalizzato.
- Da Concesio a Corticelle Pieve l'alveo ha un andamento subrettilineo, spesso canalizzato. Il tracciato della linea ferroviaria in progetto ricade in questi settori.
- Da Corticelle Pieve alla confluenza nell'Oglio l'alveo ha un andamento da sinuoso a meandriforme, risultando solo raramente canalizzato.

Nella stazione idrometrica di Bovegno, il Fiume Mella mostra una portata media di 3.5 mc/s, una minima di 0.42 mc/s e una massima di 42.2 mc/s.

Il deflusso minimo si registra, in genere, in febbraio (con una media giornaliera di 1.6 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in aprile (5 mc/s).

4.2.3 Il Fiume Chiese

Il Fiume Chiese (147 km di lunghezza) si origina dal ghiacciaio dell'Adamello alla testata della Val di Fumo, percorre la Val Daone per poi immettersi nel Lago d'Idro. Uscito dal lago giunge nella pianura, confluendo nell'Oglio in prossimità di Bizzolano.

Il Chiese, una volta uscito dal Lago d'Idro, presenta una struttura monocursale sinuosa, con la tendenza nell'ultima parte a formare meandri. Da Montichiari alla confluenza nell'Oglio l'alveo si presenta localmente canalizzato.

Nella tabella che segue (tab. 4.4) sono riportati i valori delle portate di piena storiche registrate lungo il corso del Fiume Chiese.

Sezione	Superficie	H media	H minima	Q massima	q max	Data
	kmq	m s.l.m.	m s.l.m.	mc/s	mc/s/kmq	
Ponte Cimego	235	1854	470	149	0.63	05/08/1939
Gavardo	934	1230	198	533	0.57	27/08/1934

Tabella 4.4: Valori delle portate di piena storiche.

Nella stazione idrometrica di Gavardo, il Fiume Chiese mostra una portata media di 35 mc/s, una minima di 11 mc/s e una massima di 341 mc/s.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
34di133

Il deflusso minimo si registra, in genere, in febbraio (con una media giornaliera di 27 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in giugno (47 mc/s).

4.3 Il bacino del Mincio

Il bacino del Mincio (Mincio-Sarca) ha una superficie complessiva di circa 3000 km², di cui il 74% in ambito montano. Il corso del fiume è compreso all'interno del *Parco Naturale Mincio*, ente della Regione Lombardia.

4.3.1 Il Fiume Mincio

Il Fiume Mincio rappresenta il principale emissario del Lago di Garda. Uscito dal lago il fiume segue il suo decorso in pianura, fino a sfociare direttamente nel Fiume Po.

Da Peschiera del Garda a Pozzolo, il Mincio presenta una struttura unicursale e un andamento inizialmente meandriforme, fino a Valeggio sul Mincio, quindi sinuoso. Tutto il tratto di interesse è fortemente vincolato dalla presenza di opere di difesa e di arginature. Si rileva la presenza di paleoalvei sinuosi e meandriformi, spesso fiancheggiati dalle relative scarpate di erosione fluviale.

Nella stazione idrometrica di Monzambano, il Fiume Mincio mostra una portata media di 60 mc/s, una minima di 11 mc/s e una massima di 163 mc/s.

Il deflusso minimo si registra, in genere, in febbraio (con una media giornaliera di 38 mc/s); il deflusso massimo, invece, si registra in agosto (77 mc/s).

4.4 Il Fiume Tione

Il tracciato ferroviario in progetto attraversa, dalla progressiva 129+737 alla 129+861, il corso del Fiume Tione.

Con la denominazione Tione sono indicati due corsi d'acqua di origine e regime diversi: il Tione dei Monti ed il Tione di Grezzano. Il primo nasce tra Pastrengo e Castelnuovo, prosegue in pianura, con decorso a meandri, e confluisce nel Tartaro, in prossimità di Villafranca di Verona.

Il Tione di Grezzano, invece, si origina direttamente da alcune risorgive nel territorio comunale di Mozzecane e scorre in direzione sud, ortogonale a quella del Tione dei Monti, per terminare il suo corso in pianura, direttamente nel Tartaro.

Non si hanno a disposizione parametri idrologici relativi a questo corso d'acqua.

5. BILANCIO IDROLOGICO

Tutti i dati pluviometrici, termometrici, idrologici e morfologico-strutturali discussi nei capitoli precedenti, permettono di impostare un *Bilancio Idrologico* per i bacini dei fiumi Adda, Oglio e Mincio.

I dati che verranno presentati in questo capitolo, in realtà, vanno intesi come introduttivi e generali. Fornire un bilancio idrologico dettagliato di bacini così estesi, infatti, non risulterebbe possibile e, soprattutto, esulerebbe dagli obiettivi di questa relazione. Un approfondito bilancio idrologico sarà invece fornito per quei settori riconosciuti come maggiormente critici, con particolare riferimento alle tratte del tracciato previste in galleria o a quelle di maggior criticità (come l'area del Laghetto del Frassino).

Le considerazioni che verranno presentate nei paragrafi successivi sono state estrapolate, nella quasi totalità, da "Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica (2001)", dove si fornisce un dettagliato inquadramento delle tematiche in oggetto.

Tra i termini in entrata (apporti idrici diretti) sono stati considerati:

- L'afflusso dalla Superficie, inteso come alimentazione proveniente dalle piogge, irrigazioni, idrografia superficiale;
- L'afflusso dalla Falda, inteso come contributo proveniente dalla falda presente nelle aree a monte.

Nella tabella che segue (tab. 5.1) sono presentati, per ogni settore di interesse, gli apporti idrici in entrata.

Sottobacino	Superficie (km ²)	Afflusso dalla Superficie (m ³ /s)	Afflusso dalla Falda di monte (m ³ /s)	Entrate Totali (m ³ /s)
Adda - Oglio	3082	10,4	1,74	12,13
Oglio - Mincio	3100	19,78	3,57	23,35

Tabella 5.1: Apporti idrici in entrata.

Tra i termini in uscita sono stati considerati:

- I prelievi, rappresentati dai numerosi pozzi in emungimento in questi settori;
- Il deflusso della falda, verso le aste drenanti (corsi d'acqua principali);

- I fontanili

Nella tabella che segue (tab. 5.2) sono presentati, per ogni settore di interesse, gli apporti idrici in uscita.

Sottobacino	Superficie (km ²)	Prelievi (m ³ /s)	Deflusso (m ³ /s)	Fontanili (m ³ /s)	Uscite Totali (m ³ /s)
Adda - Oglio	3082	7,43	2,2	2,5	12,13
Oglio - Mincio	3100	10,65	10,85	1,85	23,35

Tabella 5.2: Apporti idrici in uscita.

Sembra importante segnalare da subito, tra gli apporti in uscita, il forte contributo esercitato dai prelievi (pozzi in emungimento). Nel settore Adda-Oglio circa il 60% delle entrate totali è "perso" per emungimento, percentuale che scende al 45% circa per il settore Oglio – Mincio.

5.1 Tratta Adda - Serio

Il settore compreso tra i fiumi Adda e Serio è caratterizzato da una disponibilità idrica ottimale, legata alla buona trasmissività degli acquiferi, all'assenza di importanti prelievi industriali e alla presenza di corsi d'acqua e di canali artificiali che alimentano direttamente la falda stessa.

5.2 Tratta Serio - Oglio

Il settore compreso tra i fiumi Serio e Oglio è ancora caratterizzato da una buona potenzialità idrica, legata, in buona approssimazione, agli stessi fattori già descritti per il settore Adda – Serio.

5.3 Tratta Oglio - Mella

Il settore compreso tra i fiumi Oglio e Mella è caratterizzato da un prelievo per unità di superficie piuttosto elevato (circa 7 l/s per kmq). Ciononostante l'elevata trasmissività degli acquiferi, e l'alimentazione indiretta da parte del lago d'Iseo, garantiscono una buona consistenza nelle risorse idriche in esame.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
37di133

5.4 Tratta Mella – Chiese

Lo stato quantitativo delle riserve idriche profonde, è fortemente condizionato dalla presenza, in questo settore, della città di Brescia. Il rapporto tra i prelievi e gli afflussi diretti, infatti, è di circa 2 a 1 a favore dei prelievi (con un prelievo medio areale di circa 24,4 l/s/kmq) , solo in parte compensati dalla buona trasmissività degli acquiferi intercettati.

Questo settore, con particolare riferimento all'area di Brescia, secondo il citato studio della regione Lombardia, va considerato come area di crisi e deve essere sottoposto ad un controllo dei prelievi e a interventi migliorativi della qualità delle acque.

5.5 Tratta Chiese – Mincio

Su questa zona, solo modestamente industrializzata, predominano condizioni di bilancio nettamente positivo, con una tendenza marcata al sollevamento dei livelli piezometrici. Il prelievo areale (di circa 1 l/s/kmq) risulta del tutto minimo in confronto agli afflussi diretti attivi in questi settori.

6. IDROGEOLOGIA DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI LUNGO IL TRACCIATO

Dopo aver descritto, nei paragrafi precedenti, l'assetto idrogeologico generale del territorio oggetto di esame, è necessario concentrarsi con maggior dettaglio nella descrizione puntuale dei caratteri idrogeologici di ogni singola formazione litostratigrafica affiorante lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Per una descrizione geologico-strutturale di queste unità, e per una loro precisa collocazione geografica, si rimanda alla Relazione Geologica (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010011) allegata al Progetto Definitivo in oggetto.

I depositi incontrati presentano, in genere, una permeabilità primaria da media a medio-bassa, legata alla porosità caratteristica per materiali di questa natura.

Fenomeni di permeabilità secondaria, legati in genere alla presenza di intensa fratturazione degli ammassi rocciosi, non sembrano possibili in questi contesti.

Nel capitolo successivo, interamente dedicato all'analisi delle prove di conducibilità idraulica che sono state eseguite durante le campagne geognostiche del 1992, del 2001-2002 e del 2004, il discorso verrà ulteriormente approfondito.

Nella tabella che segue (tab. 6.1), vengono presentate le *classi di permeabilità* che verranno utilizzate per inquadrare da un punto di vista idrogeologico le diverse formazioni interessate dall'attraversamento della linea ad Alta Capacità.

CLASSE	DESCRIZIONE QUALITATIVA	CONDUCIBILITA' IDRAULICA (m/s)
I	Elevata	$>10^{-3}$
II	Alta	$10^{-3} - 10^{-5}$
III	Media	$10^{-5} - 10^{-7}$
IV	Bassa	$10^{-7} - 10^{-9}$
V	molto bassa	$<10^{-9}$

Tabella 6.1: Classi di permeabilità.

6.1 UNITA' POSTGLACIALE (Pg)

I depositi dell'Unità Postglaciale presentano le medesime caratteristiche litologiche indipendentemente dalla loro età. Sono in prevalenza costituiti da ghiaie da fini a grossolane con matrice sabbiosa, a supporto di clasti, in strati generalmente planari e da sabbie e limi da massivi a laminati.



6.2 BACINO DELL'ADDA

6.2.1 Unità Postglaciale (Pg)

- **Depositi alluvionali dell'alveo attuale**

Nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi, con relative prove di permeabilità Lefranc, nei depositi alluvionali dell'alveo attuale del Fiume Adda. Per questi depositi, costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie, è comunque possibile presupporre una permeabilità alta (con valori di conducibilità idraulica medi di 10^{-3} - 10^{-5} m/s; classe II).

- **Depositi alluvionali dell'alveo antico**

I depositi alluvionali dell'alveo antico del Fiume Adda, sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 5 sondaggi, con relative prove di permeabilità Lefranc. I valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
1,06X10E-04	4,66X10E-05	3,34X10E-04	2,99X10E-07	1,39X10E-04

I depositi alluvionali dell'alveo antico dell'Adda presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

6.2.2 Alloformazione di Cantù – Depositi fluvioglaciali (Ca)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Adda e Serio, l'Alloformazione di Cantù, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale. Tali depositi sono costituiti da ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice, con matrice in genere sabbiosa, e da sabbie laminate.

L'Alloformazione di Cantù è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 2 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
7,43X10E-05	7,43X10E-05	9,18X10E-05	5,68X10E-05	2,47X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questa Alloformazione presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

6.3 BACINO DEL BREMBO

6.3.1 Allogruppo del Brembo – Depositi fluvioglaciali (Br)

Nella tratta compresa tra i fiumi Adda e Serio, la linea ferroviaria in progetto attraversa l'Allogruppo del Brembo, rappresentato da depositi in facies fluvioglaciale, costituiti da ghiaie a supporto di matrice sabbiosa e sabbioso-limosa.

Questa unità è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 2 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
5,31X10E-05	5,31X10E-05	6,03X10E-05	4,59X10E-05	1,02X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questo Allogruppo presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

6.4 BACINO DEL SERIO

6.4.1 Unità Postglaciale (Pg)

- **Depositi alluvionali dell'alveo attuale**

Nei depositi alluvionali dell'alveo attuale del Fiume Serio, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, sono stati eseguiti 2 sondaggi, con relative prove di permeabilità Lefranc. I risultati ottenuti, per quanto riguarda la conducibilità idraulica, sono riportati nella tabella seguente.



Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,63X10E-05	2,63X10E-05	3,75X10E-05	1,50X10E-05	1,59X10E-05

I depositi alluvionali dell'alveo attuale del Serio presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

- **Depositi alluvionali dell'alveo antico**

Nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, sono stati eseguiti 19 sondaggi, con relative prove di permeabilità Lefranc, nei depositi alluvionali dell'alveo antico del Fiume Serio. E' da notare che i depositi compresi in questa unità presentano litologia molto variabile, con zone prevalentemente ghiaiose e zone con ghiaia quasi del tutto assente e sequenze sommitali a carattere limoso-argilloso.

I valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
9,72X10E-05	3,93X10E-05	5,96X10E-04	3,09X10E-09	1,59X10E-04

I depositi alluvionali dell'alveo antico del Serio presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.4.2 Allogruppo del Serio – Depositi fluvioglaciali (Se)

L'Allogruppo del Serio è intercettato dalla linea ferroviaria in progetto nella tratta compresa tra i fiumi Serio e Oglio. L'unità, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale, è costituita da ghiaie da medio-grossolane sino a molto grossolane, con locale presenza di massi, a supporto di clasti e con matrice sabbiosa.

L'Allogruppo del Serio è stato interessato, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da un solo sondaggio con relativa prova di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3,82X10E-05	-	-	-	

I depositi fluvioglaciali di questo Allogruppo presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

6.5 BACINO DELL'OGLIO

6.5.1 Unità Postglaciale (Pg)

- **Depositi alluvionali dell'alveo attuale**

I depositi alluvionali dell'alveo attuale del Fiume Oglio, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, sono stati interessati da un solo sondaggio con relativa prova di permeabilità Lefranc. Si tratta di depositi ghiaioso-sabbiosi per i quali è stato registrato un valore di conducibilità idraulica pari a 3.16×10^{-5} m/s (classe II; permeabilità alta).

- **Depositi alluvionali dell'alveo antico**

Nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, sono stati eseguiti 5 sondaggi, con relative prove di permeabilità Lefranc, nei depositi alluvionali dell'alveo antico dell'Oglio, costituiti da ghiaie con matrice sabbiosa, sabbie e limi. I valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3,51X10E-05	1,61X10E-05	8,38X10E-05	5,30X10E-06	4,25X10E-05

I depositi dell'alveo antico del Fiume Oglio presentano una permeabilità media (classe III).

6.5.2 Allogruppo dell'Oglio – Depositi fluvioglaciali (Og)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Serio e Oglio, l'Allogruppo dell'Oglio, rappresentato da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie da medio-grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbiosa e sabbioso limosa.

L'Allogruppo dell'Oglio è stato interessato, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 7 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
1,60X10E-05	6,44X10E-06	8,02X10E-05	1,09X10E-06	2,85X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questo Allogruppo presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.5.3 Allogruppo dell'Iseo – Depositi fluvioglaciali (Is)

Nella tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella, la linea ferroviaria intercetta l'Allogruppo dell'Iseo, rappresentato da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie da medio-grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa.

L'Allogruppo dell'Iseo è stato interessato, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 24 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,65X10E-05	1,83X10E-05	9,11X10E-05	1,01X10E-07	2,40X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questo Allogruppo presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.6 BACINO DEL MELLA - CHIESE

6.6.1 Unità Postglaciale (Pg) – Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi

In questi depositi, costituiti da ghiaie a supporto di clasti o di matrice sabbiosa, nella campagna d'indagine italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc. E' possibile presupporre una permeabilità alta (10^{-3} - 10^{-5} m/s; classe II).



6.6.2 Alloformazione di Navate – Aspes – Depositi fluvioglaciali (Na)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Oglio e Chiese e lungo la Galleria di Calcinato, l'Alloformazione di Navate-Aspes, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale, costituiti da ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa e, secondariamente, da sabbie medio-fini debolmente limose e da limi argillosi debolmente sabbiosi. L'Alloformazione di Navate-Aspes è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 13 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,03X10E-05	1,40X10E-05	6,16X10E-05	3,51X10E-06	1,85X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questa Alloformazione presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.6.3 Alloformazione di C.na Rodenga – Depositi fluvioglaciali (Ro)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese e lungo l'Interconnessione Brescia Est, l'Alloformazione di Cascina Rodenga, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale, costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa. L'Alloformazione di Cascina Rodenga è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 16 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,40X10E-05	1,57X10E-05	1,14X10E-04	2,78X10E-06	2,67X10E-05

I depositi fluvioglaciali di questa Alloformazione presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

6.6.4 Allogruppo del Mella

Nell'Allogruppo del Mella si distinguono le seguenti unità litostratigrafiche che, tuttavia, non risultano attraversate dalla linea in progetto:

- **Loess (L):** deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro (permeabilità media/bassa; 10^{-5} - 10^{-9} m/s; classe III-IV).
- **Unità di Capriano del Colle – Depositi fluvioglaciali (MeCC):** ghiaie medio-grossolane con clasti alterati (permeabilità alta; 10^{-3} m/s; classe II).
- **Unità glaciale di Castenedolo (MeCA):** diamicton massivo a supporto di matrice limoso-argillosa, con grado di alterazione molto evoluto (permeabilità media; 10^{-5} - 10^{-7} m/s; classe III).
- **Conglomerati di Ciliverghe – Depositi fluvioglaciali (MeCL):** conglomerati costituiti da ghiaie grossolane a supporto di clasti con matrice sabbiosa e da lenti di sabbia (permeabilità alta; 10^{-5} m/s; classe II).

Dal momento che, nel corso della campagna d'Indagine Italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con prove di permeabilità nelle unità sopra citate, le permeabilità riportate sono solo supposte.

6.7 ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

6.7.1 Unità Postglaciale (Pg)

- **Depositi alluvionali degli alvei attuali ed antichi**

I depositi degli alvei attuali ed antichi dei principali corsi d'acqua dell'Anfiteatro Morenico del Garda, sono costituiti da ghiaie a supporto di abbondante matrice sabbiosa o limosa se dovuta al rimaneggiamento di sedimenti antichi molto alterati.

Questi depositi sono stati interessati da 3 sondaggi (campagna Italferr 2001-2002) con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
1,86X10E-02	7,22X10E-05	7,43X10E-02	9,34X10E-07	3,71X10E-02



Questi depositi alluvionali presentano una permeabilità elevata (classe I); tuttavia è necessario sottolineare che i sondaggi sono stati eseguiti soltanto in depositi alluvionali degli alvei attuali.

• Depositi lacustri

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta interessata dalle Gallerie Madonna del Frassino e San Giorgio, depositi di origine lacustre, compresi nell'Unità Postglaciale. Si tratta di argille e limi a laminazione pianoparallela orizzontale con, talvolta, livelli torbosi.

Questi depositi lacustri sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 2 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
6,42X10E-06	8,71X10E-07	2,37X10E-05	2,27X10E-07	1,15X10E-05

I depositi lacustri presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.7.2 Allogruppo di Lugana (Lu)

L'Allogruppo di Lugana comprende depositi glaciali, fluvioglaciali e glaciolacustri. Nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con relative prove di permeabilità nei depositi fluvioglaciali. Per questi ultimi, costituiti da ghiaie grossolane con ciottoli a supporto di matrice sabbiosa, si può supporre una permeabilità media (classe III).

6.7.2.1 Depositi glaciali

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, depositi di origine glaciale, compresi nell'Allogruppo di Lugana, e costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice limoso-sabbiosa con sparsi massi erratici di dimensioni anche metriche.

Questi depositi sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da un solo sondaggio con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
5,33X10E-07	6,67X10E-07	2,37X10E-05	2,67X10E-07	1,16X10E-05

I depositi glaciali dell'Allogruppo di Lugana presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.7.2.2 Depositi glaciolacustri

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, depositi di origine glaciolacustre, compresi nell'Allogruppo di Lugana, e costituiti da limi e argille da massivi a finemente laminati con, talvolta, intercalati dei dropstone di dimensioni variabili e striati.

Questi depositi sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da un solo sondaggio con relativa prova di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,64X10E-09	2,64X10E-09	2,64X10E-09	2,64X10E-09	

I depositi glaciolacustri dell'Allogruppo di Lugana presentano quindi una permeabilità bassa/molto bassa (classe IV-V).

6.7.3 Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)

Nell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio sono stati distinti depositi glaciali e fluvioglaciali.

6.7.3.1 Depositi glaciali

Nella tratta interessata dalle Gallerie di Lonato e San Giorgio, la linea ferroviaria intercetta depositi di origine glaciale, compresi nell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio, e costituiti da ghiaie talora debolmente cementate con strato di alterazione rosso, rari ciottoli, sovente dilavato con l'affioramento di ghiaie bianche calcaree non alterate.

Questi depositi sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 10 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3,17X10E-06	1,74X10E-06	1,42X10E-05	4,05X10E-07	3,43X10E-06

I depositi glaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.7.3.2 Depositi fluvioglaciali

Oltre ai depositi di origine glaciale, la linea ferroviaria attraversa anche depositi fluvioglaciali, compresi nell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio, e costituiti da ghiaie alterate, con alterazione superficiale di colore rosso, e ghiaie molto grossolane con alterazione superficiale di colore giallo-rossiccio e di spessore ridotto.

Questi depositi sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 29 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
1,64X10E-05	2,58X10E-06	4,56X10E-04	3,44X10E-08	5,43X10E-05

I depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Lonato e San Giorgio presentano quindi una permeabilità media (classe II-III).

6.7.4 Allogruppo di Calcinato (CI)

Nell'Allogruppo di Calcinato sono stati distinti depositi eolici (loess), depositi glaciali e depositi fluvioglaciali. In questi ultimi non sono stati eseguiti sondaggi con relative prove di permeabilità; poiché tali depositi sono costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di matrice sabbioso-limosa, è possibile ipotizzare una permeabilità alta (classe II)



6.7.4.1 Loess (L)

Si tratta di un deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro. Nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con prove di permeabilità in questi loess: si può quindi supporre una permeabilità media/bassa (10^{-5} - 10^{-9} m/s; classe III-IV).

6.7.4.2 Depositi glaciali

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, depositi di origine glaciale, compresi nell'Allogruppo di Calcinato, e costituiti da diamicton massivo a supporto di abbondante matrice limoso-argillosa, cementata alla sommità dei depositi glaciali.

Questi depositi glaciali sono stati interessati, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 3 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3,22X10E-06	2,63X10E-06	6,15X10E-06	6,06X10E-08	2,77X10E-06

I depositi glaciali dell'Allogruppo di Calcinato presentano quindi una permeabilità media (classe III).

6.8 PIANURA VENETA

6.8.1 Alloformazione di Sommacampagna – Depositi fluvioglaciali (So)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna, depositi di origine fluvioglaciale, costituiti da ghiaie da medio-grossolane a molto grossolane al limite del supporto tra clasti e matrice limoso sabbiosa. Alla sommità dei depositi appare una debole cementazione.

L'Alloformazione di Sommacampagna è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 4 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
50di133

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
3,59X10E-05	3,35X10E-06	1,36X10E-04	9,66X10E-07	6,67X10E-05

I depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione di Sommacampagna presentano quindi una permeabilità media (classe II-III).

Quanto fin qui descritto può essere riassunto dall'analisi della tabella che segue (tab. 6.2), nella quale vengono proposte le classi di permeabilità relative a tutte le formazioni allostratigrafiche affioranti lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Le classi di permeabilità proposte fanno riferimento alla tabella 6.1.

Le classi di permeabilità delle unità contrassegnate in grigio, sono state stimate su base bibliografica, mancando un'adeguata distribuzione di prove di conducibilità idraulica eseguite sulle stesse.

	Unità allostratigrafiche		Sigla	CLASSI DI PERMEABILITA'				
				I	II	III	IV	V
ADDA	Unità postglaciale	Depositi alluvionali dell'alveo attuale	Pg		x			
		Depositi alluvionali dell'alveo antico	Pg		X			
	Alloformazione di Cantù	Depositi fluvioglaciali	Ca		x	X		
BREMBO	Allogruppo del Brembo	Depositi fluvioglaciali	Br		X	X		
SERIO	Unità postglaciale	Depositi alluvionali dell'alveo attuale	Pg		X	X		
		Depositi alluvionali dell'alveo antico	Pg		X	x		
	Allogruppo del Serio	Depositi fluvioglaciali	Se		X	X		
OGLIO	Unità postglaciale	Depositi alluvionali dell'alveo attuale	Pg		X	X		
		Depositi alluvionali dell'alveo antico	Pg		X	x		
	Allogruppo dell'Oglio	Depositi fluvioglaciali	Og		X	x		
	Allogruppo dell'Iseo	Depositi fluvioglaciali	Is		X	X		
MELLA - CHIESE	Unità postglaciale	Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi	Pg		x			
	Alloformazione di Navate	Depositi fluvioglaciali	Na		X	x		
	Alloformazione di Rodenga	Depositi fluvioglaciali	Ro		x	X		
	Allogruppo del Mella - Unità di Capriano del Colle - Unità glaciale di Castenedolo - Conglomerati di Civerghe	Loess	L			x	X	
		Depositi fluvioglaciali	MeCC			X		
		Depositi glaciali	MeCA			X		
Depositi fluvioglaciali	MeCL			x	X			
ARCO MORENICO DEL GARDA	Unità postglaciale	Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi	Pg	X				
		Depositi lacustri	Pg			X	X	
	Allogruppo di Lugana	Depositi glaciali	Lu			X		
		Depositi fluvioglaciali	Lu			X	X	
		Depositi glaciolacustri	Lu				x	X
	Allogruppo di Lonato e San Giorgio	Depositi glaciali	LSg			X		
		Depositi fluvioglaciali	LSg			X	x	
	Allogruppo di Calcinato	Loess	L			x	X	
		Depositi glaciali	Cl			X		
		Depositi fluvioglaciali	Cl			x	x	
Allof. di Sommacampagna	Depositi fluvioglaciali	So			x	X		

Tabella 6.2: Classi di permeabilità caratteristiche dei diversi depositi attraversati.

7. CLASSI DI PERMEABILITÀ

Per completare la caratterizzazione idrogeologica del territorio sede del tracciato ferroviario in progetto, sono state analizzate le prove di conducibilità idraulica eseguite nelle diverse campagne geognostiche, svolte in relazione alle attività propedeutiche alla progettazione della linea ferroviaria in esame. In particolare si è fatto riferimento alla campagna del 2001-2002 e a quella del 2004.

Per fornire un quadro completo, è sembrato opportuno presentare la sintesi di tutte le prove di conducibilità idraulica svolte.

Sembra importante segnalare, a tale proposito, come i valori di conducibilità idraulica ricavati in foro di sondaggio da prove di tipo Lefranc, tendano, in genere, a sottostimare la reale conducibilità idraulica dei terreni attraversati.

7.1 Prove di conducibilità idraulica

Sono di seguito riassunte le permeabilità medie caratteristiche di ciascuna tratta in cui è stato suddiviso il tracciato ferroviario in progetto. Per ciascuna tratta, generalmente compresa tra due corsi d'acqua principali, viene fornita la sintesi di tutte le prove di conducibilità idraulica svolte, in foro di sondaggio, nel corso delle citate campagne d'indagine.

7.1.1 Tratta Oglio - Mella (pk 68+315 – pk 78+600)

Lungo la tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella, sono stati eseguiti 23 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/s)
XA202V063	110	20,50	costante	3,16X10E-05
XA202R064	113	4,30	costante	8,38X10E-05
XA202R065	127	14,50	variabile	4,21X10E-05
XA202R043	130	12,50	costante	2,10X10E-05
XA202V066	131	6,50	variabile	1,15X10E-05
XA202V067	133	20,50	costante	1,44X10E-06

S16	132	7,00	costante	4,22X10E-06
XA202R069	135	5,50	costante	5,04X10E-05
XA202R070	134	11,50	costante	1,36X10E-05
XA202R072	137	5,50	costante	8,60X10E-05
XA202P073	136	16,00	variabile	1,01X10E-07
XA202R074	138	8,50	costante	1,83X10E-05
XA202R076	137	15,30	costante	2,53X10E-05
XA202R078	137	9,50	costante	5,38X10E-05
XA202R080	135	4,50	costante	9,11X10E-05
XA202R081	134	16,50	costante	1,28X10E-05
SA202R091	124	18,25	variabile	1,23X10E-05
SA202R092	119	12,25	variabile	2,40X10E-05
XA202G093	116	21,75	variabile	2,54X10E-05
S12	116	6,50	costante	1,45X10E-05
XA202R095	112	14,50	variabile	2,34X10E-05
SA202R096	105	13,25	variabile	1,99X10E-05
XA202R097	102	10,75	variabile	6,35X10E-06
Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,93X10E-05	2,10X10E-05	9,11X10E-05	1,01X10E-07	2,67X10E-05

Tabella 7.1: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella.

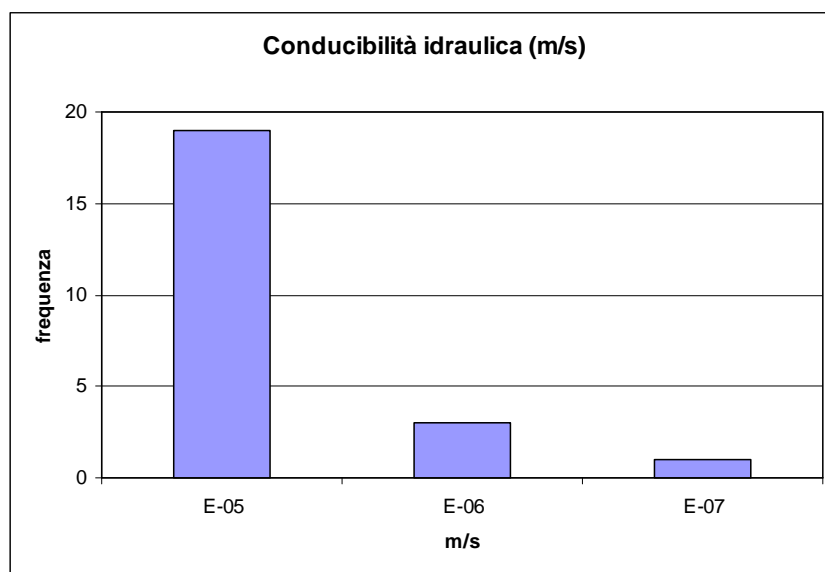


Figura 7.1: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per la tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella.

L'analisi della distribuzione statistica dei valori di conducibilità idraulica per la tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella, evidenzia come le unità comprese tra questi corsi d'acqua siano caratterizzate da una permeabilità media (classe III), rappresentata dalla classe dei valori relativi ai 10^{-5} m/s (valore massimo 9.11×10^{-5} m/s). Sono comunque rappresentate classi di permeabilità minore.

7.1.2 Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk100+500)

Nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese, sono stati eseguiti 18 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/s)
XA202R098	100	8,25	variabile	5,28X10E-06
S11	100	5,80	costante	7,62X10E-06
SA202P100	101	9,25	variabile	1,56X10E-05
SA202V101	101	14,75	variabile	1,18X10E-05
XA202V102	101	16,75	variabile	4,62X10E-05
S10	102	7,00	costante	1,40X10E-05
Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/s)
XA202R105	102	7,75	variabile	3,51X10E-06
XA202R106	102	5,75	variabile	4,29X10E-05
SA202R107	106	12,25	variabile	5,96X10E-06
XA202R108	108	20,25	variabile	3,23X10E-06
S9	109	7,50	costante	5,70X10E-05
XA202R110	110	11,05	variabile	3,93X10E-05
XA202R111	114	18,45	variabile	2,78X10E-06
XA202R112	117	25,75	variabile	3,27X10E-06
S8	117	5,50	costante	8,24X10E-06
		11,00	costante	3,80X10E-05
SA202R114	121	16,90	variabile	2,02X10E-05
SA202R115	123	25,75	variabile	1,50X10E-05
SA202R117	129	22,75	costante	4,48X10E-05
Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,02X10E-05	1,40X10E-05	5,70X10E-05	2,78X10E-06	1,81X10E-05

Tabella 7.2: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese.

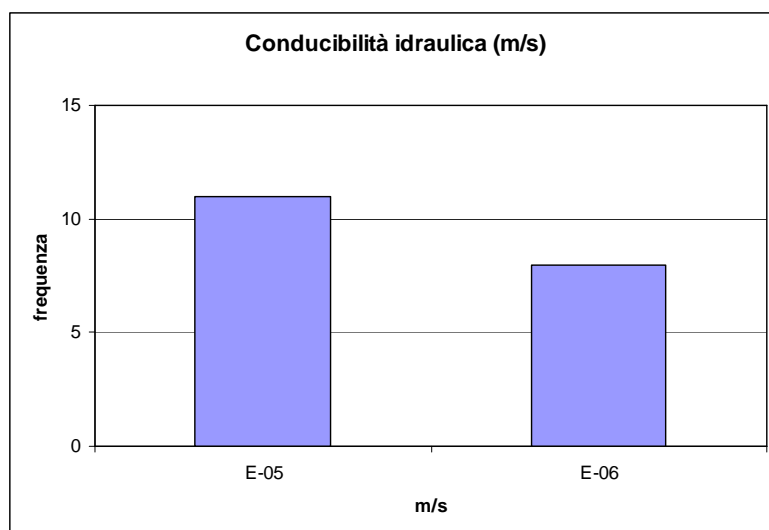


Figura 7.2: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese.

L'analisi della distribuzione statistica dei valori di permeabilità registrati nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese, evidenzia l'esistenza di due sole classi modali (comprese tra i 10^{-5} e 10^{-6} m/s). Le unità allostratigrafiche attraversate da questa tratta (depositi fluvio-glaciali e subordinati depositi alluvionali e glaciali) presentano quindi una permeabilità media (classe III).

7.1.3 Galleria di Lonato (pk104+237 – pk 111+995)

Lungo la tratta interessata dalla Galleria di Lonato, sono stati eseguiti 40 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità prova	Conducibilità idraulica (m/s)
3SS065	8.50-9.20	5.90×10^{-6}
	14.50-15.20	7.00×10^{-6}
3SS070	10.10-11.10	1.03×10^{-6}
	20.20-20.70	5.44×10^{-7}
	29.80-30.40	6.26×10^{-7}
3SC069	10.00-10.60	9.60×10^{-7}
	20.00-20.60	3.40×10^{-7}

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
56di133

	29.50-30.10	5.50X10E-07
	38.50-39.50	2.40X10E-07
	50.00-50.70	1.40X10E-06
	59.50-60.30	1.70X10E-06
	70.00-70.70	4.90X10E-07
3SC072	15.00-15.50	9.78X10E-07
	25.00-25.50	2.70X10E-07
	30.60-31.00	1.07X10E-06
3SS073	14.30-15.00	1.28X10E-05
	25.50-26.10	2.66X10E-06
	29.30-30.00	2.91X10E-06
	35.30-36.00	1.80X10E-06
3SS066	4.00-4.70	2.15X10E-05
	9.00-9.80	1.32X10E-05
	14.00-14.50	7.82X10E-06
	18.20-19.00	1.13X10E-05
3SC071	10.00-10.60	1.95X10E-05
	20.00-20.60	2.33X10E-06
	27.00-27.60	8.25X10E-06
3SC068	10.00-10.70	2.69X10E-05
	19.00-19.70	3.15X10E-06
	29.30-30.00	2.30X10E-06
	40.00-40.70	1.45X10E-06
	49.00-49.70	2.38X10E-07
	59.50-60.10	3.95X10E-07
3SC067	69.30-70.00	3.95X10E-07
	9.30-10.00	2.91X10E-06
	19.80-20.50	2.09X10E-06
	29.30-30.00	1.57X10E-06
	39.30-40.00	5.74X10E-07
S5GL	46.30-47.00	6.42X10E-07
	5.50-6.10	2.61X10E-05
	15.00-15.80	2.43X10E-07
S6GL	25.00-25.60	8.56X10E-10
	5.30-6.00	5.90X10E-06
	15.00-15.70	1.15X10E-06
	24.30-25.00	5.94X10E-07
	36.00-36.80	2.79X10E-07
XA202B143	44.50-45.20	1.24X10E-06
	1.00-2.00	2.04X10E-04
	4.00-5.00	4.89X10E-05
XA202B144	10.00-11.00	3.18X10E-05
	2.00-3.00	3.30X10E-06
	6.00-7.00	4.03X10E-07

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
57di133

	11.00-12.00	6.56X10E-07
XA202B145	1.00-2.00	5.12X10E-05
	6.00-7.00	9.18X10E-05
	11.00-12.00	1.57X10E-05
XA202B146	3.00-4.00	4.56X10E-04
	9.50-10.50	1.93X10E-05
	15.00-16.00	1.15X10E-05
XA202B147	9.50-10.50	4.12X10E-07
	12.00-13.00	8.97X10E-07
	18.00-19.00	2.18X10E-06
XA202G148	7.50-8.50	1.48X10E-04
	13.00-14.00	2.49X10E-06
	19.00-20.00	1.50X10E-07
XA202G149	11.00-12.00	5.79X10E-06
	17.00-18.00	2.53X10E-06
	23.00-24.00	1.42X10E-06
XA202G150	12.00-13.00	3.73X10E-06
	17.00-18.00	1.24X10E-06
	23.00-24.00	7.62X10E-07
S5	6.00-7.00	3.60X10E-06
XA202G151	9.50-10.50	1.36X10E-06
	15.00-16.00	6.95X10E-07
	21.00-22.00	2.78X10E-06
XA202G152	14.00-15.00	3.15X10E-05
	20.00-21.00	2.25X10E-05
	26.00-27.00	1.94X10E-06
XA202G153	30.00-31.00	4.82X10E-06
	36.00-37.00	1.25X10E-05
	42.00-43.00	1.20X10E-05
XA202G154	34.00-35.00	1.06X10E-05
	40.00-41.00	1.24X10E-06
	46.00-47.00	3.98X10E-06
XA202G155	47.00-48.00	8.05X10E-06
	53.00-54.00	7.13X10E-06
	59.00-60.00	6.87X10E-06
XA202G156	37.50-38.50	1.08X10E-06
	43.80-44.80	9.76X10E-07
	49.50-50.50	9.49X10E-07
XA202G157	35.00-36.00	5.25X10E-07
	41.00-42.00	9.20X10E-07
	47.00-48.00	6.39X10E-07
AA202G158	20.00-21.00	7.05X10E-06
	26.00-27.00	1.06X10E-05
	32.50-33.50	3.38X10E-06



AA202G159	17.00-18.00	7.31X10E-07
	23.00-24.00	4.57X10E-07
	29.00-30.00	1.29X10E-06
EA202G160	6.00-7.00	6.95X10E-06
	12.00-13.00	2.00X10E-05
	18.00-19.00	1.51X10E-06
XA202G161	9.00-10.00	2.25X10E-06
	15.00-16.00	7.70X10E-07
	21.00-22.00	1.45X10E-05
XA202G162	13.50-14.50	3.02X10E-06
	19.50-20.50	2.84X10E-06
	26.50-27.50	2.39X10E-06
XA202G163	2.65-3.65	1.42X10E-05
	5.00-6.00	1.73X10E-06
	10.50-11.50	1.87X10E-06
XA202B164	3.50-4.50	3.73X10E-07
	7.00-8.00	4.24X10E-05
	11.00-12.00	9.45X10E-07
S4	4.00-5.00	8.61X10E-06
XA202B165	1.00-2.00	6.53X10E-05
	6.00-7.00	9.23X10E-07
	12.00-13.00	7.04X10E-06
XA202B166	2.00-3.00	2.21X10E-06
	8.00-9.00	8.97X10E-07
	14.00-15.00	1.87X10E-06
XA202B167	6.00-7.00	9.98X10E-07
	12.00-13.00	2.95X10E-06
	18.00-19.00	2.53X10E-06
XA202B168	2.00-3.00	6.78X10E-07
	8.00-9.00	1.04X10E-06
	14.00-15.00	6.95X10E-07
XA202B169	2.00-3.00	2.67X10E-07
	5.00-6.00	7.88X10E-07
	11.00-12.00	5.45X10E-07

Tabella 7.3: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria di Lonato.

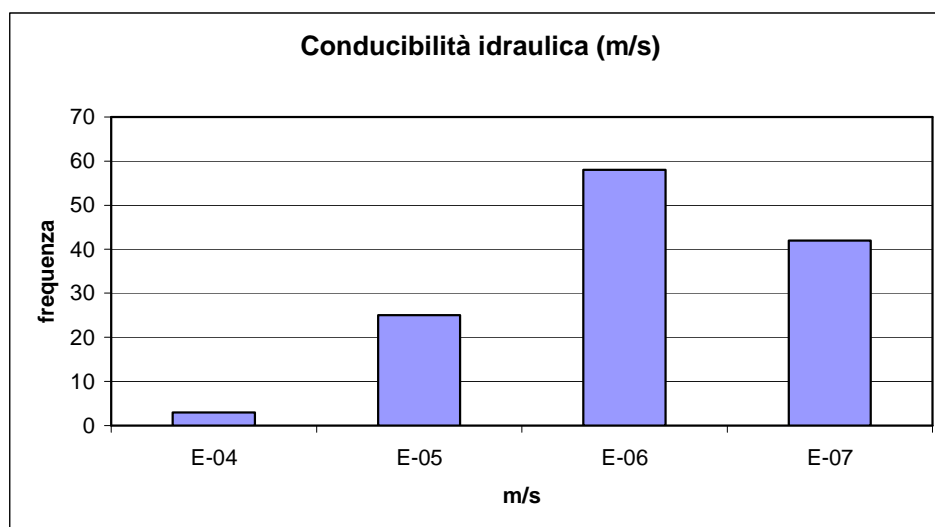


Figura 7.3: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria di Lonato.

Le unità allostratigrafiche comprese nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, presentano notevole eterogeneità a livello litologico. Tuttavia è stata registrata una permeabilità abbastanza omogenea e media (classe III). La classe modale della distribuzione relativa alla conducibilità idraulica per questa distribuzione è quindi 10^{-6} m/s, seguita dai 10^{-7} e 10^{-5} m/s.

Le prove di permeabilità Lefranc eseguite nella tratta interessata dalla Galleria di Lonato, sono state suddivise in prove superficiali e profonde: le prime sono state svolte a profondità non intercettate dalla galleria, mentre le seconde sono situate nell'intorno dell'asse della galleria stessa.

- **Prove di permeabilità in orizzonti superficiali**

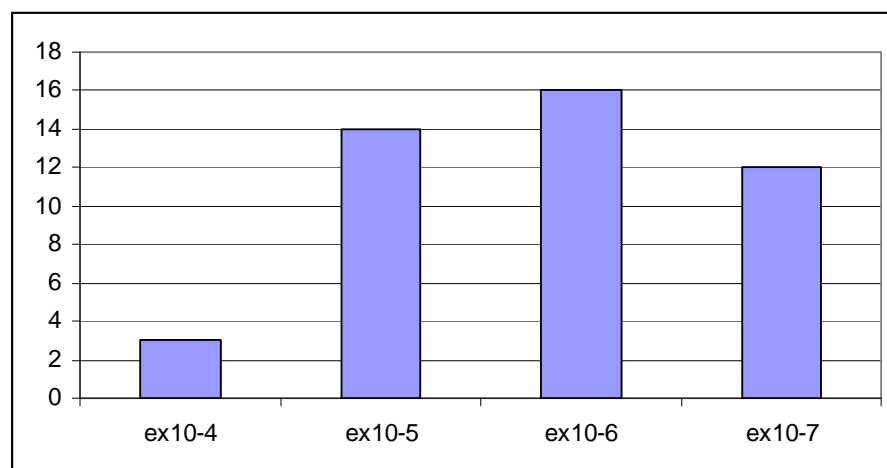


Figura 7.4: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica superficiali registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria di Lonato.

Come si evince dall'analisi dell'istogramma proposto in figura 7.6, la classe modale della distribuzione relativa alla permeabilità "superficiale" delle litologie interessate dalla Galleria di Lonato, è rappresentata dalla classe di valori relativi ai 10^{-6} m/s. Queste prove sono quindi state effettuate in terreni aventi permeabilità media (classe III). Seguono permeabilità poco inferiori e sono rappresentati anche termini a conducibilità idraulica di classe II.

- **Prove di permeabilità in orizzonti profondi**

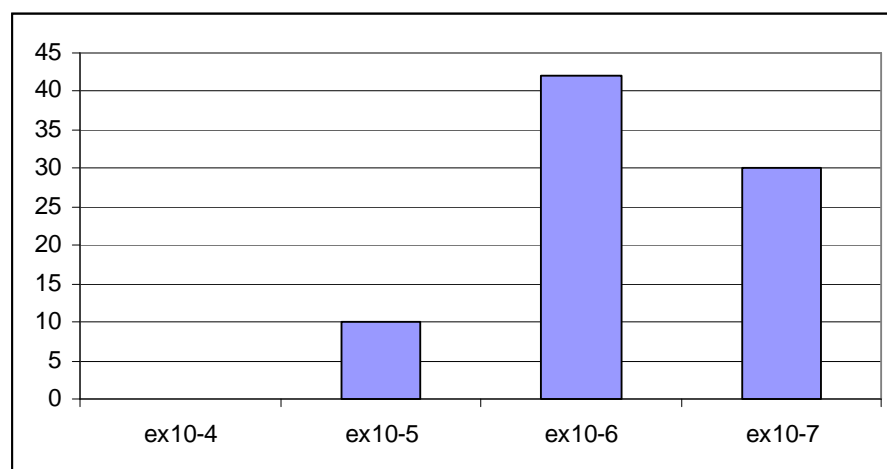


Figura 7.5: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica profondi registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria di Lonato.

La classe modale della distribuzione statistica relativi ai valori di conducibilità idraulica "profondi" registrati per i terreni attraversati dalla Galleria di Lonato, corrisponde a quella dei 10^{-6} m/s, seguita dai valori 10^{-7} m/s e 10^{-5} m/s (permeabilità media; classe III).

7.1.4 Galleria Madonna del Frassino (pk129+907 – pk 123+350)

Lungo la tratta interessata dalla Galleria Madonna del Frassino, sono stati eseguiti, nel 2002, soltanto 2 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; le indagini integrative del 2004 hanno permesso di approfondire questa tematica. I valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità prova	Conducibilità idraulica (m/s)
S1	4.75-5.25	1,38X10E-04
	9.50-10.00	7,43X10E-02
S2	6.00-6.50	2,37X10E-05
S1LF	1.00-1.5	2,70X10E-08
	8.5-9.00	5,94X10E-08
	21.70-22.20	3,93X10E-07
	22.20-22.70	6,60X10E-06
S2LF	2.5-3.00	6,18X10E-08
	5.50-6.00	5,49X10E-07
	17.50-18.00	7,08X10E-08
	36.80-37.40	3,06X10E-07
S3LF	44.90-45.50	1,33X10E-07
S4LF	5.50-6.00	1,88X10E-08
	27.00-27.50	1,70X10E-08
	48.00-48.50	2,77X10E-07
S5GF	4.00-4.50	8,73X10E-07
	10.00-10.50	2,31X10E-07
	15.00-15.50	3,48X10E-07
	19.50-20.00	2,52X10E-07
S6GF	4.20-5.15	5,84X10E-07
	9.90-10.70	3,71X10E-07
	19.20-20.00	8,40X10E-07

Tabella 7.4: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria Madonna del Frassino.

Nella tabella che segue sono presentati alcuni valori statistici relativi alla distribuzione dei valori di conducibilità idraulica raccolti.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
8,27X10E-06	3,06X10E-07	1,38X10E-04	1,70X10E-08	3,02X10E-05

Tabella 7.5: Valori di conducibilità idraulica misurati, elaborazioni statistiche (campagna 2004).

7.1.5 Galleria San Giorgio (pk 129+907 – pk 133+325)

Lungo la tratta interessata dalla Galleria San Giorgio, sono stati eseguiti 20 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità prova	Conducibilità idraulica (m/s)
S1GS	4,50-5,00	9,06X10E-07
	9,50-10,00	2,14X10E-07
	14,50-15,00	7,92X10E-07
	19,50-20,00	1,97X10E-07
S2GS	4,50-5,00	2,17X10E-06
	9,50-10,00	1,41X10E-06
	14,50-15,00	1,17X10E-06
	19,50-20,00	3,34X10E-06
S3GS	4,50-5,00	1,96X10E-06
	9,50-10,00	2,18X10E-06
	14,50-15,00	1,87X10E-07
	19,50-20,00	1,54X10E-07
S4GS	4,50-5,00	1,85X10E-07
	9,50-10,00	1,05X10E-06
	15,00-15,50	2,02X10E-06
	19,50-20,00	2,56X10E-06
S5GS	4,50-5,00	6,89X10E-07
	9,50-10,00	2,22X10E-07
	14,50-15,00	9,38X10E-08
	19,50-20,00	2,05X10E-07
S6GS	4,50-5,00	2,06X10E-05
	10,00-10,50	8,48X10E-06
	14,50-15,00	1,21X10E-05
	20,50-21,00	1,47X10E-06
S7GS	6,50-7,00	1,90X10E-06
	13,50-14,00	2,10X10E-06



	20,50-21,00	1,03X10E-06
S8GS	4,50-5,00	8,49X10E-07
	9,50-10,00	1,70X10E-07
	14,50-15,00	1,23X10E-06
	19,50-20,00	1,12X10E-06
S9GSDN	7,00-7,50	7,17X10E-07
	13,50-14,00	5,72X10E-07
	20,50-21,00	5,60X10E-07
XA202B170	1,50-2,50	1,14X10E-06
	6,70-7,70	1,15X10E-06
	11,20-12,20	8,75X10E-08
AA202G171	3,00-4,00	1,48X10E-06
	9,00-10,00	2,62X10E-07
	14,50-15,50	2,27X10E-07
XA202G172	10,00-11,00	1,34X10E-06
	16,00-17,00	5,37X10E-06
	22,00-23,00	5,29X10E-06
XA202G173	8,00-9,00	6,82X10E-07
	16,00-17,00	4,17X10E-07
	21,90-22,40	1,58X10E-06
XA202G174	12,00-13,00	5,63X10E-07
	18,00-19,00	1,75X10E-06
	24,00-25,00	1,84X10E-06
XA202G175	11,00-12,00	3,02X10E-06
	17,00-18,00	5,37X10E-07
	23,00-24,00	4,05X10E-07
EA202B176	6,00-7,00	3,44X10E-08
	12,00-13,00	4,27X10E-07
	19,50-20,50	8,86X10E-06
XA202B177	1,30-2,30	8,34X10E-08
	6,00-7,00	2,58X10E-06
	12,00-13,00	7,09X10E-06
XA202B178	1,50-2,50	2,84X10E-06
	6,00-7,00	4,63X10E-06
	11,20-12,20	5,34X10E-05
XA202B179	1,50-2,50	5,91X10E-06
	6,50-7,50	2,84X10E-06
	11,00-12,00	1,13X10E-06
XA202B180	2,90-3,90	3,73X10E-06
	7,00-8,00	2,09X10E-07
	12,00-13,00	4,01X10E-06

Tabella 7.6: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria San Giorgio.

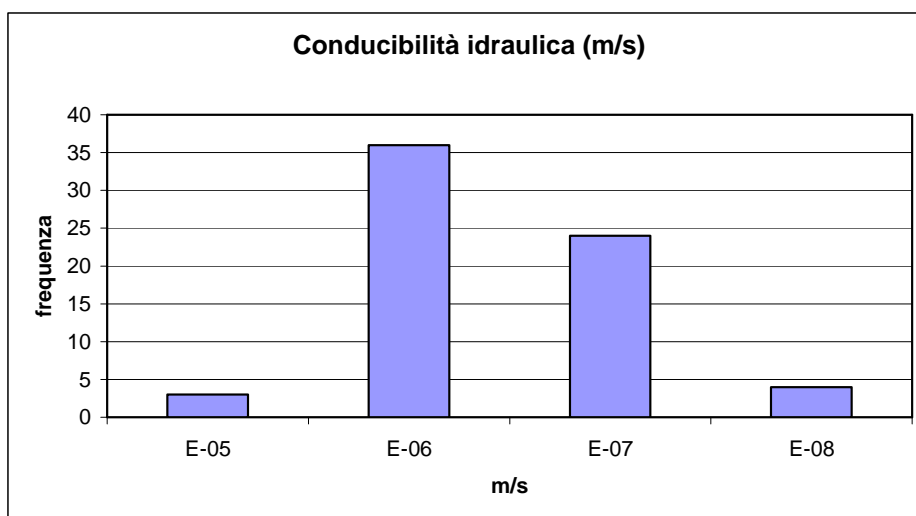


Figura 7.6: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria San Giorgio.

L'analisi della distribuzione statistica dei valori di conducibilità idraulica per la Galleria San Giorgio, evidenzia come le unità comprese in questa tratta siano caratterizzate da una permeabilità variabile, determinata dalle diverse caratteristiche litologiche delle unità stesse. La classe modale della distribuzione relativa alla conducibilità idraulica di queste unità è rappresentata dalla classe di valori relativi ai 10^{-6} m/s, seguita dai 10^{-7} .

Le prove di permeabilità Lefranc eseguite nella tratta interessata dalla Galleria San Giorgio, sono state suddivise in prove superficiali e profonde: le prime sono state svolte a profondità non intercettate dalla galleria, mentre le seconde sono state eseguite in un intorno dell'asse della galleria stessa.

- **Prove di permeabilità in orizzonti superficiali**

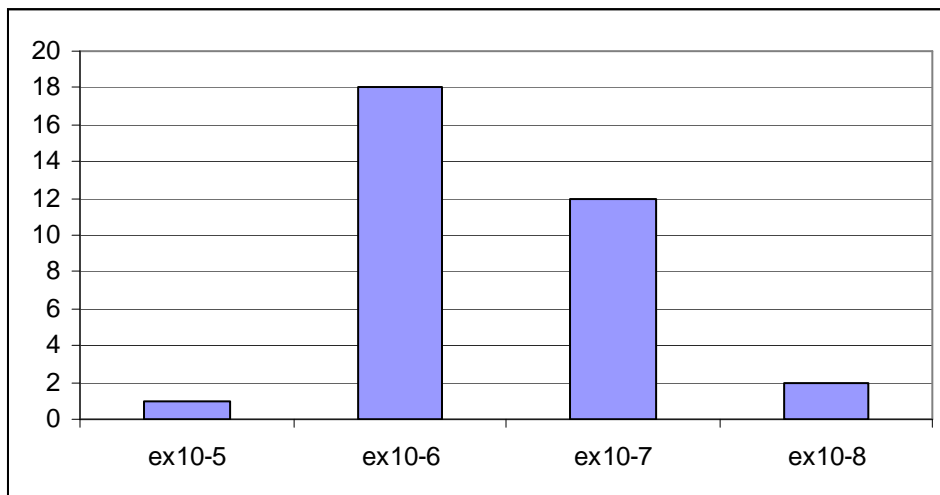


Figura 7.7: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica profondi registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria San Giorgio.

La classe modale della distribuzione statistica relativa ai valori di permeabilità "superficiali" registrati per i terreni attraversati dalla Galleria San Giorgio, è quella dei 10^{-6} m/s, seguita dai valori 10^{-7} m/s, corrispondenti ad una permeabilità media (classe III). Sono rappresentati anche conducibilità idrauliche minori (10^{-8} m/s; classe IV).

- **Prove di permeabilità in orizzonti profondi**

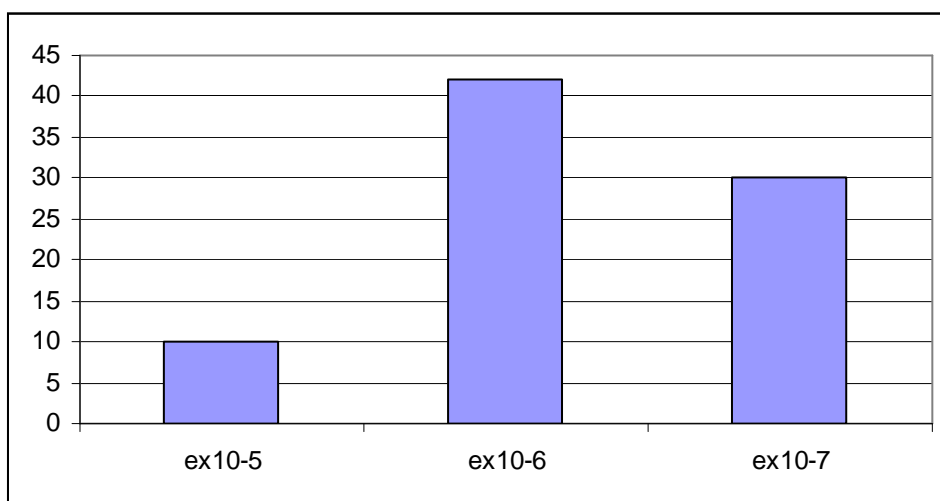


Figura 7.8: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica profondi registrati, in foro di sondaggio, per la tratta interessata dalla Galleria San Giorgio.

Le prove di permeabilità "profonde" eseguite nella tratta interessata dalla Galleria San Giorgio, confermano una permeabilità media (classe modale 10^{-6} m/s; classe III).

7.1.6 Tratta Mincio - Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698)

Lungo la tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna, sono stati eseguiti 6 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/sec)
SA202V135	101	10,05	variabile	$9,34 \times 10^{-7}$
SA202R137		11,45	variabile	$6,31 \times 10^{-6}$
SA202V139		30,50	variabile	$9,66 \times 10^{-7}$
XA202O140	83	23,10	variabile	$2,47 \times 10^{-6}$
SA202R195		7,80	variabile	$1,36 \times 10^{-4}$
XA202R104		12,25	variabile	$4,22 \times 10^{-6}$
Media	Mediana	Max	Min	Dev St
$2,52 \times 10^{-5}$	$3,35 \times 10^{-6}$	$1,36 \times 10^{-4}$	$9,34 \times 10^{-7}$	$5,43 \times 10^{-5}$

Tabella 7.7: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna.

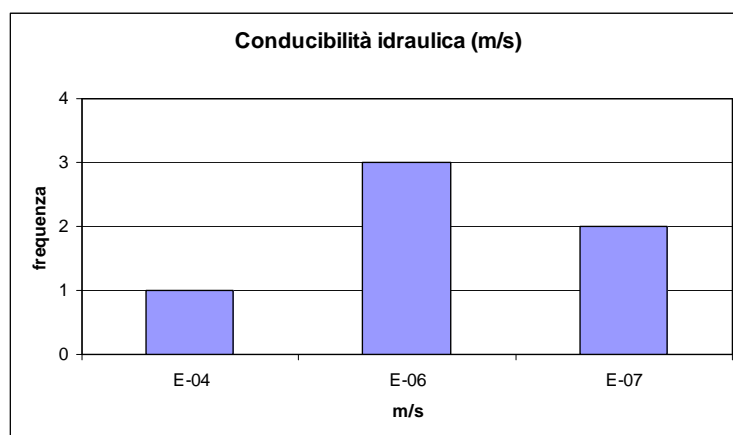


Figura 7.9: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, per la tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna.

Sebbene la classe modale per la distribuzione statistica relativa ai valori di conducibilità idraulica registrati nella tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna, sia espressa dalla classe dei 10^{-6} m/s, sono ugualmente rappresentate anche altre classi di permeabilità, maggiori e minori.

7.1.7 Interconnessioni

Lungo l'Interconnessione Brescia Est, sono stati eseguiti 7 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica misurati sono presentati nella tabella seguente.

Interconnessione BS Est				
Sigla	Quota b. f. (m)	Profondità (m)	Tipo	K (m/sec)
SA202R082		21,25	variabile	1,57X10E-05
SA202R083		18,15	variabile	2,61X10E-05
SA202R085	141	6,55	variabile	1,14X10E-04
		18,25	variabile	1,64X10E-05
S6	145	4,50	costante	1,21X10E-05
		10,50	costante	5,10X10E-06
S7		7,50	costante	6,94X10E-06
SA202R087	143	12,25	variabile	1,78X10E-05
XA202R123	134	21,50	variabile	1,05X10E-05
Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,50X10E-05	1,57X10E-05	1,14X10E-04	5,10X10E-06	3,40X10E-05

Tabella 7.9: Valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, lungo l'Interconnessione Brescia Est.

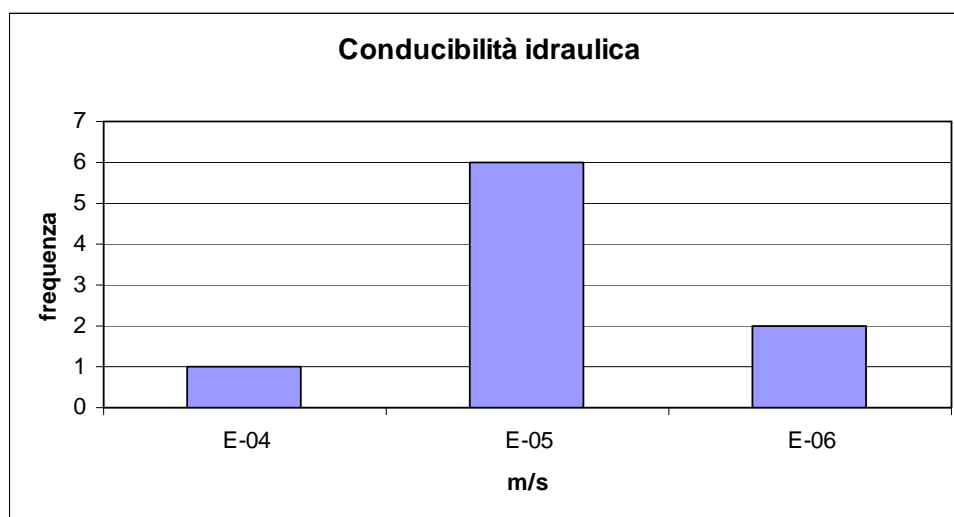


Figura 7.11: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati, in foro di sondaggio, lungo l'Interconnessione Brescia Est.

La classe modale della distribuzione relativa ai valori di permeabilità registrati lungo l'Interconnessione Brescia Est è rappresentata dalla classe di valori relativi ai 10^{-5} m/s. Le unità interessate da questa tratta presentano quindi una classe di permeabilità media (classe III).

7.2 Conducibilità idraulica dei diversi terreni attraversati

Per meglio caratterizzare dal punto di vista idrogeologico la linea ferroviaria in progetto, vengono di seguito proposti alcuni grafici nei quali i valori medi di conducibilità idraulica sono riferiti, divisi per classi, ai vari tipi di depositi intercettati dalla ferrovia.

La distribuzione statistica così espressa, è stata ottenuta dall'analisi di tutte le prove di conducibilità idraulica Lefranc che sono state rispettivamente eseguite nei diversi terreni attraversati.

7.2.1 Depositi alluvionali degli alvei attuali

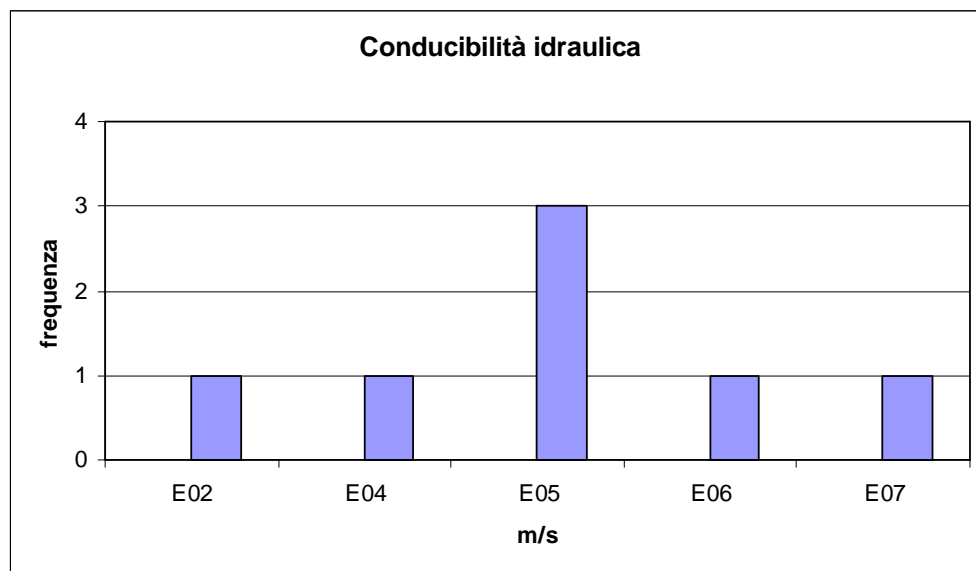


Figura 7.12: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi alluvionali degli alvei attuali.

E' la classe di conducibilità idraulica 10^{-5} m/s la classe modale per la distribuzione considerata. Sono comunque rappresentate classi a permeabilità maggiore e minore. I depositi degli alvei attuali dei principali corsi d'acqua attraversati dalla linea in progetto, presentano una conducibilità media (classe II-III).

Tuttavia, la diversa concentrazione della frazione fine limoso-argillosa, determina rispettivamente permeabilità più elevate o più basse rispetto alla classe modale.

7.2.2 Depositi alluvionali degli alvei antichi

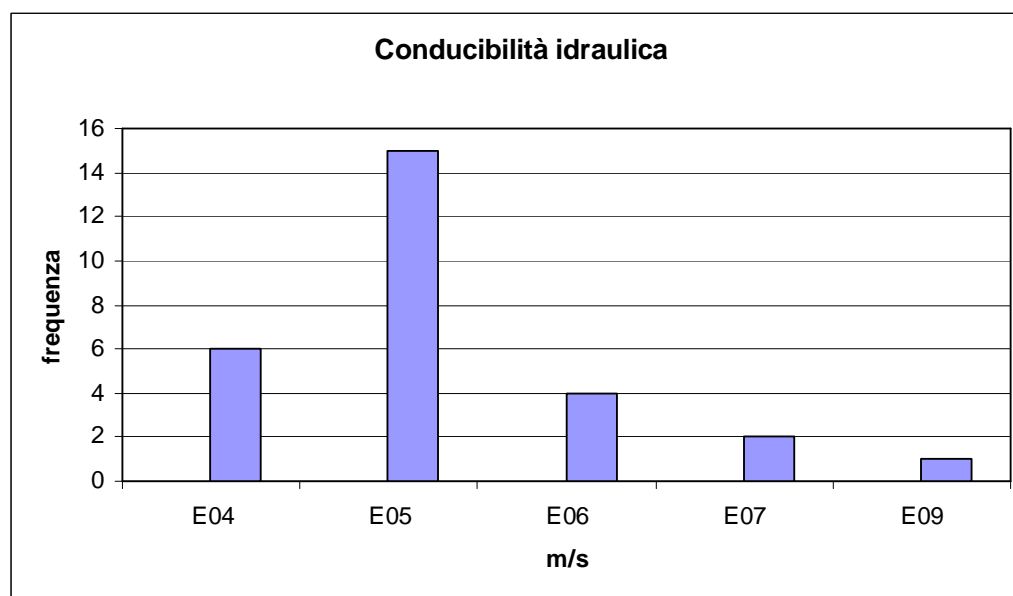


Figura 7.13: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi alluvionali degli alvei antichi.

La classe modale della distribuzione statistica relativa ai valori di permeabilità registrati nei depositi alluvionali degli alvei antichi, corrisponde a quella dei valori 10^{-5} m/s. Sono ben rappresentate anche le classi dei valori medi 10^{-4} e 10^{-6} m/s, fino a permeabilità inferiori.

Questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità media (classe II-III). Nelle zone a litologia prevalentemente ghiaiosa la permeabilità aumenta, mentre in zone limoso-argillose i depositi rientrano in una classe di permeabilità più bassa (classe IV).

7.2.3 Depositi lacustri

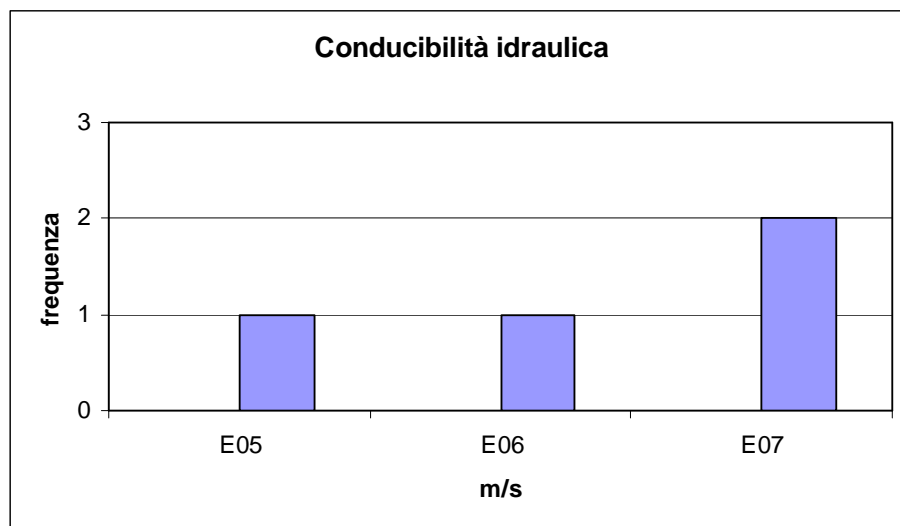


Figura 7.14: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi lacustri.

Come si evince dall'analisi dell'istogramma proposto in figura 7.10c, la classe modale della distribuzione relativa alla permeabilità dei depositi lacustri, è rappresentata dalla classe di valori relativi ai 10^{-7} m/s (permeabilità bassa). Sono ugualmente rappresentate anche classi a permeabilità maggiore.

7.2.4 Depositi fluvioglaciali

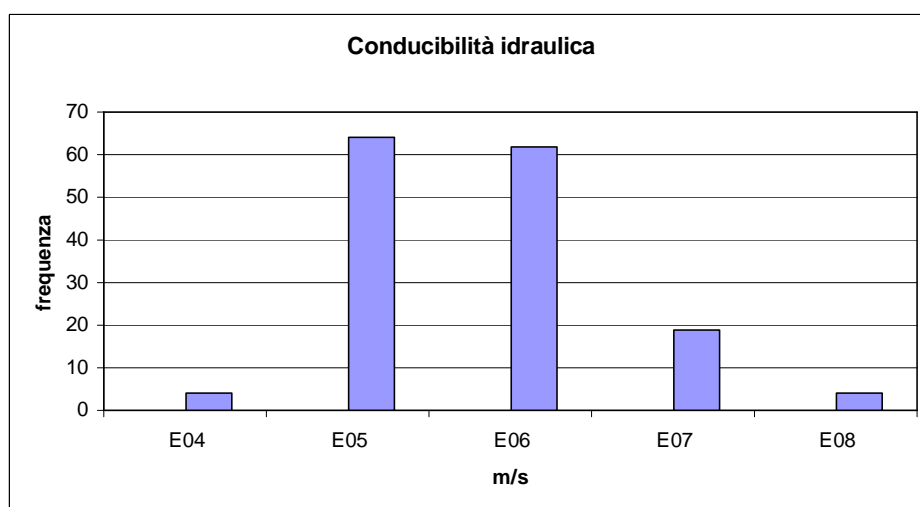


Figura 7.15: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi fluvioglaciali.

Come riportato nell'istogramma di figura 7.17, la classe modale per la distribuzione considerata è rappresentata dai valori medi di 10^{-5} m/s, subito seguita dalla classe 10^{-6} m/s (classe III). Sono

comunque rappresentati termini a permeabilità maggiore (aumento delle ghiaie; classe II) e termini a permeabilità minore (aumento della frazione limoso-argillosa; classe IV).

7.2.5 Depositi glaciali

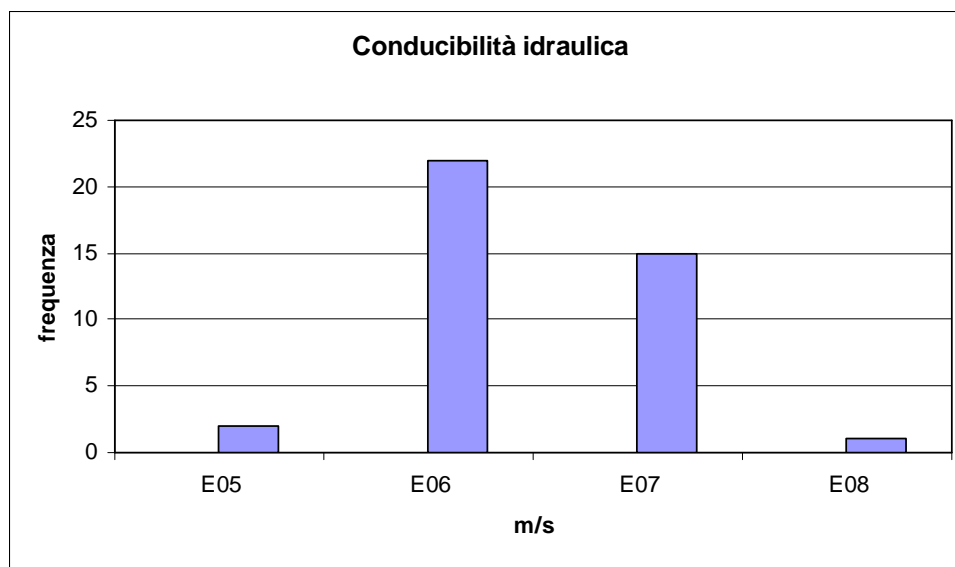


Figura 7.16: Istogramma dei valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi glaciali.

Sebbene la classe modale per la distribuzione statistica relativa ai valori di conducibilità idraulica registrati per i depositi glaciali, sia data dalla classe dei 10^{-6} m/s, risulta ben rappresentata anche la classe dei 10^{-7} m/s. Quindi i depositi di origine glaciale presentano una permeabilità media (classe III). Nel caso in cui sia verificato un aumento della matrice limoso-argillosa, in tali depositi si riscontra una permeabilità di classe IV (valori di 10^{-8} m/s).

7.2.6 Depositi glaciolacustri

In depositi glaciolacustri è stato eseguito un solo sondaggio con prova di permeabilità Lefranc; il valore registrato è di 2.64×10^{-9} m/s (permeabilità bassa/molto bassa; classe IV-V).



7.3 La carta della permeabilità superficiale

Integrando tutti i dati ottenuti dalle prove di conducibilità idraulica, eseguite in foro di sondaggio (prove Lefranc) durante le diverse campagne di indagine programmate per la progettazione della linea ferroviaria in oggetto (par.7.1), con i valori di permeabilità stimati per ognuna delle formazioni allostratigrafiche affioranti lungo il tracciato (par. 6), è stato possibile ricostruire la *Carta della permeabilità superficiale* allegata in scala 1:10.000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE00020010÷20141)

Il settore della Pianura Lombarda e quello della Pianura Veneta, sono caratterizzati dalla costante presenza di terreni a permeabilità media ($K = 10^{-4} - 10^{-7}$ m/s).

Il settore dell'anfiteatro morenico, invece, è caratterizzato da una forte eterogeneità nelle caratteristiche di conducibilità idraulica: non si riconosce, per questi materiali, una classe di permeabilità di riferimento

8. PIEZOMETRIE

I dati piezometrici a disposizione fanno riferimento ai piezometri installati nelle tre campagne geognostiche (1991-1992, 2001-2002 e 2004), che sono state programmate nell'ambito delle attività propedeutiche alla progettazione della linea ferroviaria in oggetto.

La necessità e l'utilità di prendere in considerazione i dati relativi a tutte le campagne geognostiche eseguite, sono motivate da diversi fattori:

- Sia per le misure relative alla campagna del 1991-1992, sia per quelle del 2001-2002 si ha a disposizione una discreta distribuzione di dati. Le misure fatte infatti, anche se non coprono un intero anno idrologico, sono comunque estese per un periodo significativo. E' possibile una rielaborazione statistica dei valori in esame.
- Confrontando le misure relative al 2004-2005 con quelle precedenti, è possibile valutare l'evoluzione nel tempo del sistema investigato, tarando il modello concettuale che sarà basato, dove possibile, comunque sui dati di più recente acquisizione.
- Le misure relative all'ultima campagna (2004) risultano, solo per i sondaggi ritenuti più critici e significativi, in continuo aggiornamento.

Per semplicità espositiva, i dati relativi alle tre diverse campagne geognostiche, verranno presentati in paragrafi separati. Tale scelta è motivata, inoltre, dalla necessità di ragionare su di

una serie di misure tra di loro omogenee e confrontabili, sia da un punto di vista temporale, sia per tecnica di acquisizione.

8.1 Misure piezometriche 1992-1993

Nella tabella che segue (tab. 8.1) sono riportate le misure piezometriche acquisite nella campagna geognostica del 1992-1993.

Per ognuno dei piezometri censiti si riporta:

- la sigla del piezometro;
- le coordinate geografiche assolute;
- la quota del boccaforo (m s.l.m.);
- la soggiacenza media, massima e minima (m);
- l'escursione piezometrica massima;
- la quota della falda (m s.l.m.).

Sigla	X	Y	Quota	Soggiacenza media	Soggiacenza massima	Soggiacenza minima	Escursione massima	Quota falda
			m s.l.m.	m	m	m	m	m s.l.m.
AS002	1535321	5039353	115,88	2,33	2,86	1,92	0,94	113,55
AS004	1537403	5039357	118,66	4,93	5,97	3,47	2,50	113,73
AS007	1539191	5039309	108,44	0,62	0,95	0,22	0,73	107,82
AS009	1540095	5039583	109,15	2,32	3,05	0,78	2,27	106,83
AS014	1543717	5039599	113,45	1,56	2,65	0,87	1,78	111,89
AS017	1545868	5039283	118,89	6,95	7,61	6,11	1,50	111,94
AS020	1547241	5039333	118,21	7,08	8,10	6,38	1,72	111,14
AS029	1554639	5039279	111,94	2,61	2,85	2,40	0,45	109,33
AS032	1556739	5038378	106,97	1,79	2,01	1,50	0,51	105,18
AS033	1557350	5038198	109,07	2,73	2,95	2,25	0,70	106,34
AS037	1560187	5037951	110,99	3,34	3,70	3,00	0,70	107,65
AS040	1562733	5038270	114,54	3,66	4,50	3,44	1,06	110,88
AS122	1551999	5039864	114,02	2,42	3,02	1,80	1,22	111,60
BS002	1565188	5038406	118,39	6,96	8,00	6,51	1,49	111,43
BS005	1565577	5037880	109,47	2,89	3,02	2,50	0,52	106,58
BS006	1568130	5038994	112,77	4,07	4,25	3,87	0,38	108,70
BS008	1569046	5039381	125,82	12,18	14,10	11,26	2,84	113,65
BS012	1571648	5040562	132,35	13,65	16,00	12,11	3,89	118,70
BS016	1577743	5041551	135,73	-	-	-	-	-
BS021	1583071	5039747	119,64	9,06	11,60	7,92	3,68	110,58
BS025	1586512	5037658	102,47	0,97	1,27	0,70	0,57	101,50

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
74di133

Sigla	X	Y	Quota	Soggiacenza	Soggiacenza	Soggiacenza	Escursione	Quota
			m s.l.m.	media	massima	minima	massima	falda
			m	m	m	m	m	m s.l.m.
BS106	1566598	5038488	122,30	10,79	11,53	10,20	1,33	111,51
BS115	1570768	5040170	130,57	11,87	13,00	11,36	1,64	118,70
BS201	1579209	5041400	135,31	19,94	20,21	19,72	0,49	115,37
BS304	1580772	5041565	135,84	20,74	21,23	20,51	0,72	115,10
BS314	1582962	5042825	141,08	26,06	26,48	25,76	0,72	115,02
BS320	1583948	5043783	143,44	28,04	28,33	27,87	0,46	115,40
BS324	1585273	5044335	138,87	24,13	25,11	23,15	1,96	114,74
CS003	1590160	5036615	100,54	1,46	1,59	1,34	0,25	99,08
CS005	1591696	5035907	97,39	0,32	0,42	0,19	0,23	97,07
CS008	1594016	5035321	99,87	2,19	2,79	1,20	1,59	97,68
CS013	1597905	5035066	112,71	6,91	7,74	5,78	1,96	105,80
CS017	1600704	5034899	120,44	32,24	32,54	31,76	0,78	88,20
CS102	1589151	5036948	101,28	1,56	1,67	1,43	0,24	99,72
CS118	1595619	5035275	105,41	5,09	5,30	4,45	0,85	100,32
DS001	1607276	5036278	137,79	30,83	34,85	24,83	10,02	106,96
DS004	1609680	5035872	132,97	25,94	30,12	23,85	6,27	107,03
DS009	1612154	5035423	134,21	13,11	19,96	11,30	8,66	121,10
DS011	1613498	5035044	138,71	11,63	21,28	7,18	14,10	127,08
DS013	1614281	5034800	142,98	20,54	28,90	14,00	14,90	122,44
DS019	1620828	5033432	106,08	10,83	11,25	10,64	0,61	95,25
DS020	1622238	5033127	91,5	3,85	5,00	2,38	2,62	87,65
DS021	1623867	5032692	85,13	14,19	17,45	13,41	4,04	70,94
DS022	1624592	5032535	84,07	16,65	18,39	14,55	3,84	67,42
DS023	1625497	5032378	86,24	0,01	0,03	0,00	0,03	86,23
DS033	1633041	5031929	66,61	5,36	11,36	3,68	7,68	61,25
DS110	1630537	5031963	93,63	11,07	13,30	9,74	3,56	82,56
DS114	1629634	5032181	84,85	3,90	4,20	3,77	0,43	80,95
DS121	1627539	5032242	78,56	3,03	3,27	2,85	0,42	75,53
DS124	1626813	5032306	81,29	2,68	3,49	1,80	1,69	78,61
DS126	1626246	5032327	84,43	17,17	17,70	16,96	0,74	67,26
DS135	1624102	5032668	86,1	11,12	11,94	10,41	1,53	74,98
DS143	1621848	5033217	88,93	0,36	0,90	0,18	0,72	88,57
DS146	1621353	5033333	90,21	0,63	0,85	0,49	0,36	89,58
DS149	1620589	5033491	103,58	8,28	8,32	8,23	0,09	95,30
DS152	1620252	5033589	118,33	13,83	17,13	11,94	5,19	104,50
DS159	1619374	5033733	134,77	24,80	25,16	24,22	0,94	109,97
DS204	1607119	5036122	136,56	-	-	-	-	-
DS503	1611766	5035353	132,71	14,16	21,80	8,47	13,33	118,55
DS602	1618602	5033924	135,83	24,85	25,10	24,60	0,50	110,98
DS605	1617829	5034049	154,42	34,20	-	-	-	120,22
DS608	1616958	5034149	180,79	16,27	18,64	15,46	3,18	164,52

Sigla	X	Y	Quota	Soggiacenza media	Soggiacenza massima	Soggiacenza minima	Escursione massima	Quota falda
			m s.l.m.	m	m	m	m	m s.l.m.
DS610	1616219	5034219	164,79	23,36	23,55	22,80	0,75	141,43
DS614	1611170	5035411	146,37	7,90	-	-	-	138,47
DS701	1619086	5033684	135,71	-	-	-	-	-
DS704	1610719	5035434	155,41	-	-	-	-	-
DS710	1617421	5034174	173,83	-	-	-	-	-
DS713	1621121	5033397	92,75	-	-	-	-	-
ES001	1633164	5031892	67,78	2,39	2,89	1,90	0,99	65,39
ES004	1635361	5031730	99,22	4,29	4,35	4,21	0,14	94,93
ES007	1637838	5031366	98,06	9,47	9,73	6,61	3,12	88,59
ES010	1639858	5030440	125,12	1,35	1,80	1,19	0,61	123,77
ES011	1640783	5029668	109,60	8,46	9,70	3,30	6,40	101,14
ES013	1642026	5028258	112,03	21,94	22,45	19,18	3,27	90,09
ES015	1643303	5026766	78,41	15,24	15,80	14,23	1,57	63,17
ES017	1645952	5026689	61,78	14,13	15,28	13,10	2,18	47,65
ES019	1646314	5027006	59,55	7,96	8,73	7,11	1,62	51,59
ES021	1649800	5026761	56,51	10,38	11,04	9,41	1,63	46,13
ES024	1654619	5027471	53,93	8,72	9,20	8,17	1,03	45,21
ES104	1634138	5031957	98,45	3,71	3,80	3,59	0,21	94,74
ES114	1637480	5031494	108,67	6,96	7,30	6,54	0,76	101,71
ES120	1638994	5030962	116,89	2,52	2,93	2,11	0,82	114,37
ES122	1639341	5030758	126,02	3,09	3,18	3,04	0,14	122,93
ES125	1640042	5030310	123,57	10,83	10,94	10,78	0,16	112,74
ES129	1640993	5029478	108,48	7,32	13,51	4,83	8,68	101,16
ES133	1641958	5028469	104,87	15,51	15,74	15,37	0,37	89,36
ES135	1642392	5028130	107,79	18,23	19,55	14,35	5,20	89,56
ES137	1642754	5027857	95,61	21,06	21,08	21,03	0,05	74,55
ES207	1636830	5031560	105,7	20,59	-	-	-	85,11
ES210	1637687	5031772	104,59	10,50	10,60	10,45	0,15	94,09
ES211	1638105	5031870	100,82	5,99	12,20	3,90	8,30	94,83
ES707	1639200	5030894	131,88	-	-	-	-	-

Tabella 8.1: Misure piezometriche relative alla campagna geognostica 1992-1993. I valori fanno riferimento alle misure eseguite tra il giugno e l'ottobre del 1992.

Per alcuni piezometri si hanno a disposizione i valori di soggiacenza minima e massima e di escursione piezometrica massima, riferiti ad un più lungo intervallo di acquisizione (1992-1994).

Nella tabella che segue (tab. 8.2) sono sintetizzati questi valori, per ognuno dei piezometri censiti si riporta:

- la sigla del piezometro;
- le coordinate geografiche assolute;

- la quota del boccaforo (m s.l.m.);
- la soggiacenza massima, con indicato il mese in cui si è registrata (m);
- la soggiacenza minima, con indicato il mese in cui si è registrata (m);
- l'escursione piezometrica massima.

Sigla	X	Y	Quota	Soggiacenza massima		Soggiacenza minima		Escursione massima
			m s.l.m.	m	mese	m	mese	
AS002	1535321	5039353	115,88	5,65	maggio	1,98	agosto	3,67
AS004	1537403	5039357	118,66	5,97	giugno	4,45	agosto	1,52
AS007	1539191	5039309	108,44	2,29	aprile	0,24	luglio	2,05
AS009	1540095	5039583	109,15	3,42	aprile	0,78	luglio	2,64
AS014	1543717	5039599	113,45	4,37	aprile	1,50	luglio	2,75
AS017	1545868	5039283	118,89	10,48	maggio	6,11	agosto	3,75
AS020	1547241	5039333	118,21	9,86	aprile	6,53	settembre	3,33
AS029	1554639	5039279	111,94	2,92	maggio	2,32	ottobre	0,60
AS032	1556739	5038378	106,97	2,12	giugno	1,00	settembre	1,48
AS033	1557350	5038198	109,07	3,17	luglio	2,25	luglio	1,59
AS037	1560187	5037951	110,99	4,65	giugno	2,92	ottobre	1,95
AS040	1562733	5038270	114,54	6,50	giugno	3,50	agosto	1,95
AS122	1551999	5039864	114,02	3,59	giugno	1,55	settembre	2,04
BS002	1565188	5038406	118,39	10,71	maggio	6,60	agosto	4,11
BS005	1565577	5037880	109,47	3,57	maggio	2,50	giugno	1,07
BS006	1568130	5038994	112,77	5,40	maggio	3,76	settembre	1,63
BS008	1569046	5039381	125,82	15,06	maggio	12,12	ottobre	2,94
BS012	1571648	5040562	132,35	17,79	maggio	12,78	ottobre	4,63
BS021	1583071	5039747	119,64	11,60	luglio	8,09	settembre	3,51
BS025	1586512	5037658	102,47	1,53	luglio	0,70	giugno	0,83
BS106	1566598	5038488	122,30	13,64	giugno	10,40	agosto	3,24
BS115	1570768	5040170	130,57	17,02	giugno	12,46	agosto	4,56
CS003	1590160	5036615	100,54	1,55	maggio	1,32	ottobre	0,23
CS005	1591696	5035907	97,39	0,42	luglio	0,15	settembre	0,27
CS008	1594016	5035321	99,87	2,79	agosto	1,20	giugno	1,59
CS013	1597905	5035066	112,71	7,82	giugno	5,58	novembre	2,69
CS017	1600704	5034899	120,44	32,41	agosto	27,97	gennaio	0,65
DS009	1612154	5035423	134,21	13,41	agosto	11,30	luglio	2,11
DS011	1613498	5035044	138,71	21,29	settembre	7,18	agosto	14,11
DS013	1614281	5034800	142,98	28,90	luglio	14,00	luglio	14,90
DS019	1620828	5033432	106,08	10,95	agosto	8,59	gennaio	2,36
DS020	1622238	5033127	91,5	2,38	luglio	4,98	luglio	2,60
DS021	1623867	5032692	85,13	11,78	marzo	18,40	settembre	6,62
DS022	1624592	5032535	84,07	18,39	agosto	10,49	maggio	7,51

Sigla	X	Y	Quota	Soggiacenza massima		Soggiacenza minima		Escursione massima
				m s.l.m.	m	mese	m	
DS033	1633041	5031929	66,61	11,36	luglio	3,07	febbraio	8,28
DS110	1630537	5031963	93,63	13,30	Luglio	9,57	gennaio	3,73
DS114	1629634	5032181	84,85	3,81	luglio	0,87	gennaio	2,96
DS121	1627539	5032242	78,56	3,45	luglio	1,89	novembre	1,56
DS124	1626813	5032306	81,29	3,31	settembre	0,49	novembre	2,82
DS126	1626246	5032327	84,43	19,20	settembre	14,78	novembre	4,42
DS135	1624102	5032668	86,1	11,75	ottobre	9,94	luglio	2,51
DS143	1621848	5033217	88,93	0,70	luglio	0,15	maggio	0,57
DS503	1611766	5035353	132,71	21,84	novembre	8,47	agosto	13,37
ES001	1633164	5031892	67,78	3,00	luglio	1,90	giugno	1,10
ES004	1635361	5031730	99,22	4,85	maggio	4,00	giugno	0,85
ES007	1637838	5031366	98,06	9,73	luglio	6,61	giugno	3,12
ES010	1639858	5030440	125,12	1,80	giugno	0,69	settembre	1,11
ES104	1634138	5031957	98,45	4,69	giugno	2,53	novembre	2,16
ES114	1637480	5031494	108,67	7,30	luglio	6,90	agosto	0,40
ES122	1639341	5030758	126,02	4,95	luglio	2,43	novembre	2,52
ES207	1636830	5031560	105,7	20,59	agosto	8,23	luglio	12,57
ES210	1637687	5031772	104,59	10,60	luglio	7,17	luglio	3,43

Tabella 8.2: Misure piezometriche relative alla campagna geognostica 1992-1993. I valori fanno riferimento alle misure eseguite tra il giugno del 1992 e il settembre del 1994.

Dall'analisi dei dati a disposizione si evince che:

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 3.44 m.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 14.9 m (DS013), valore in realtà abbastanza isolato rispetto alla distribuzione media dei valori.
- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.23 m (CS003).
- La soggiacenza massima si registra, nella maggior parte dei casi (16 su 52 misure), in luglio, ma rimangono ben rappresentati anche maggio (10 su 52 misure) e giugno (10 su 52 misure). La quasi totalità delle misure di massima soggiacenza si sono registrate nei mesi estivi (un totale di 42 su 52 misure).
- La soggiacenza minima si registra, nella maggior parte dei casi (rispettivamente 10 valori su 52 misure), in luglio e in agosto, ma rimane ben rappresentato anche settembre (8 su 52).

Nel diagramma che segue (fig. 8.1) vengono espressi i valori di escursione piezometrica massima, registrati in tutti i 52 piezometri monitorati.

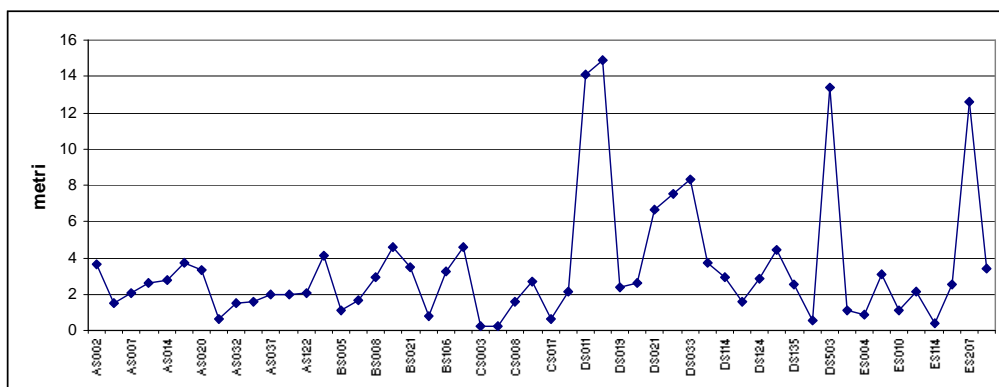


Figura 8.1: Valori di escursione piezometrica massima (m).

Il grafico proposto conferma come sia essenzialmente omogenea la distribuzione dei valori di escursione piezometrica registrati. Ad eccezione di un numero ridotto di picchi di massima escursione (con valori maggiori ai 12 m), infatti, la distribuzione dei valori misurati si mantiene in un intorno ristretto del valor medio.

La maggior parte dei valori di escursione piezometrica (fig. 8.2), è compreso tra 1 metro e 3 metri.

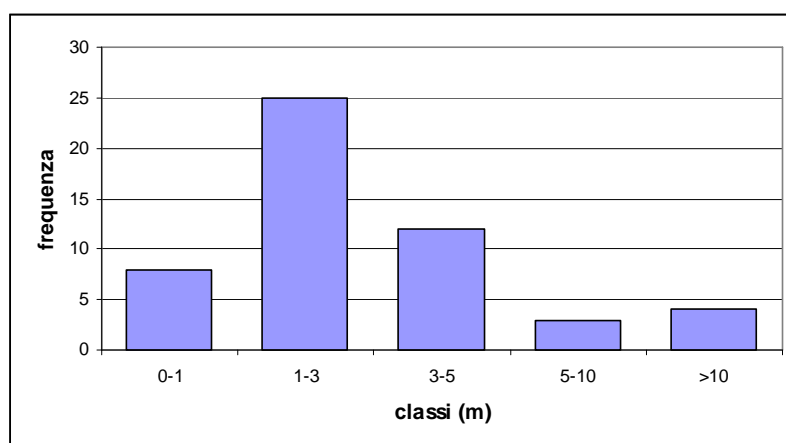


Figura 8.2: Distribuzione dei valori di escursione piezometrica.



La soggiacenza massima (fig. 8.3) si registra in genere nei mesi tardo primaverili-estivi. L'incremento nelle temperature medie dell'aria (con il relativo aumento nell'evapotraspirazione potenziale) e la diminuzione nelle precipitazioni meteoriche, dovrebbero motivare questa realtà.

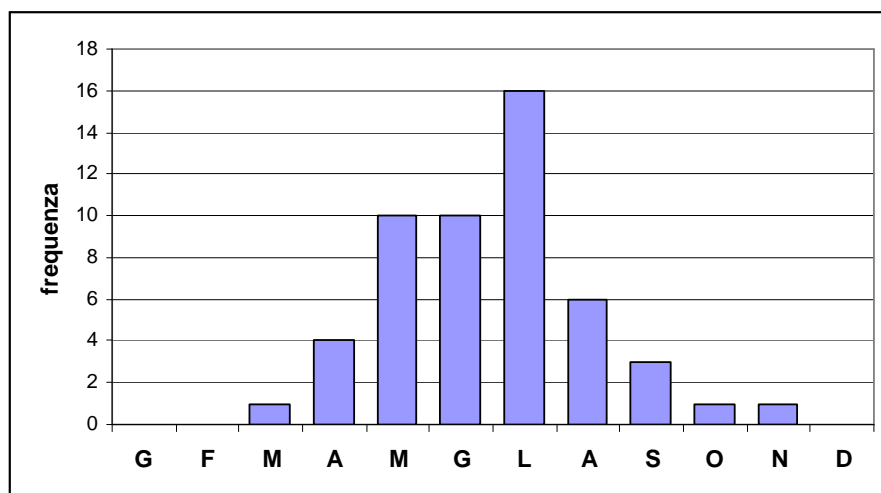


Figura 8.3: Distribuzione mensile dei valori di massima soggiacenza.

L'analisi della distribuzione mensile dei valori di minima soggiacenza (fig. 8.4), invece, risulta più difficilmente giustificabile. Non si registra, in particolare, una relazione diretta tra i mesi a piovosità maggiore e i mesi caratterizzati da un valore di soggiacenza minimo. La presenza di un importante reticolo idrografico superficiale, utilizzato a scopi irrigui, lungo tutto il tracciato della linea in progetto, dovrebbe essere alla base di questa anomalia nella distribuzione dei valori registrati.

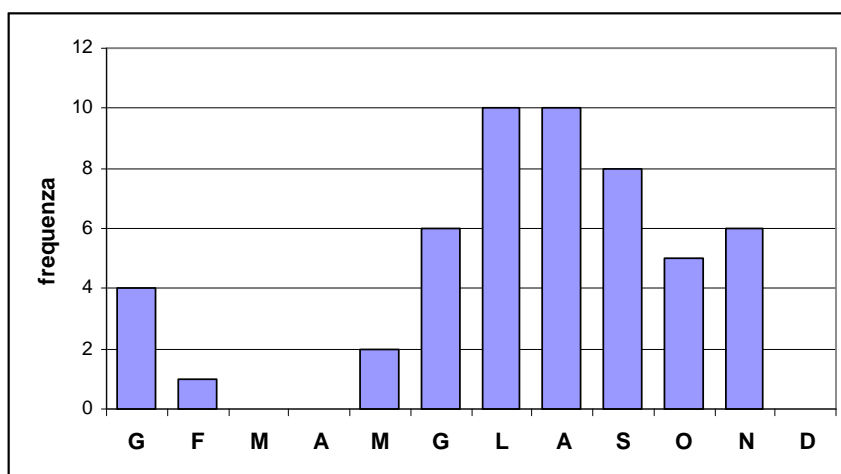


Figura 8.4: Distribuzione mensile dei valori di minima soggiacenza.

8.1.1 Tratta Oglio – Mella (pk 68+350 – pk 78+600)

Nella tabella che segue (tab. 8.5) sono riportati, in sintesi, i dati piezometrici relativi ai soli sondaggi ubicati nella tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
BS008	1569046	5039381	125,82	15,06	12,12	2,94	113,65
BS012	1571648	5040562	132,35	17,79	12,78	4,63	118,71
BS021	1583071	5039747	119,64	11,60	8,09	3,51	110,58
BS106	1566598	5038488	122,3	13,64	10,40	3,24	111,51
BS115	1570768	5040170	130,57	17,02	12,46	4,56	118,70
Media:				15,02	11,17	3,78	114,63

Tabella 8.1: Misure piezometriche.

Le misure piezometriche registrate nei sondaggi BS005 e BS006 (tab. 8.6), ubicati nelle ristrette vicinanze del corso del Fiume Oglio, confermerebbero l'azione drenante esercitata dal corso del fiume sul flusso idrico sotterraneo.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
BS005	1565577	5037880	109,47	3,57	2,50	1,07	106,58
BS006	1568130	5038994	112,77	5,40	3,76	1,63	108,70
Media:				4,49	3,13	1,35	107,64

Tabella 8.2: Misure piezometriche.

8.1.2 Tratta Mella – Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)

Nella tabella che segue (tab. 8.7) sono riportati, in sintesi, i dati piezometrici relativi ai soli sondaggi ubicati nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
CS003	1590160	5036615	100,54	1,55	1,32	0,23	99,08
CS005	1591696	5035907	97,39	0,42	0,15	0,27	97,07
CS008	1594016	5035321	99,87	2,79	1,20	1,59	97,69

CS013	1597905	5035066	112,71	7,82	5,58	2,69	105,80
CS017	1600704	5034899	120,44	32,41	27,97	0,65	88,21
Media:				9,00	7,24	1,09	97,57

Tabella 8.3: Misure piezometriche.

8.1.3 Galleria di Lonato (pk 104+237 – pk 111+995)

Nella tabella che segue (tab. 8.8) sono riportati i dati piezometrici relativi ai sondaggi ubicati nel territorio interessato dalla Galleria di Lonato.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
DS009	1612154	5035423	134,21	13,41	11,30	2,11	121,10
DS011	1613498	5035044	138,71	21,29	7,18	14,11	127,08
DS013	1614281	5034800	142,98	28,90	14,00	14,90	122,45
DS019	1620828	5033432	106,08	10,95	8,59	2,36	95,26
DS020	1622238	5033127	91,50	2,38	4,98	2,60	87,65
DS021	1623867	5032692	85,13	11,78	18,40	6,62	70,94
DS022	1624592	5032535	84,07	18,39	10,49	7,51	67,42
Media:				15,30	10,71	7,17	-

Tabella 8.4: Misure piezometriche.

Le misure piezometriche eseguite, sembrano confermare la complessità nell'assetto idrogeologico caratteristico dell'Anfiteatro Morenico del Garda. Si riconosce, comunque, un certo gradiente, con una direzione di flusso che, in buona approssimazione, si orienta secondo la direzione Ovest-Est. L'estrema variabilità nella distribuzione dei valori di escursione piezometrica massima, in realtà, potrebbe essere legata alla presenza di un numero difficilmente identificabile di acquiferi tra loro indipendenti.

8.1.4 Tratta Lonato – Fiume Mincio (pk 111+995 – pk 124+200)

Nella tabella che segue (tab. 8.9) sono riportati, in sintesi, i dati piezometrici relativi ai soli sondaggi ubicati nella tratta compresa tra la fine della Galleria di Lonato e il Fiume Mincio.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
DS110	1630537	5031963	93,63	13,3	9,57	3,73	82,56
DS114	1629634	5032181	84,85	3,81	0,87	2,96	80,96
DS121	1627539	5032242	78,56	3,45	1,89	1,56	75,55
DS124	1626813	5032306	81,29	3,31	0,49	2,82	78,62
DS126	1626246	5032327	84,43	19,20	14,78	4,42	67,27

DS135	1624102	5032668	86,10	11,75	9,94	2,51	74,98
DS143	1621848	5033217	88,93	0,70	0,15	0,57	88,57
ES001	1633164	5031892	67,78	3,00	1,90	1,10	65,40
Media:				7,32	4,95	2,46	76,74

Tabella 8.5: Misure piezometriche.

Nel sondaggio DS033, ubicato nelle ristrette vicinanze del Fiume Mincio, si è registrata una quota della falda di 61.26 metri s.l.m.. Questo valore, minore rispetto alla media della tratta, confermerebbe l'azione drenante esercitata dal corso del fiume sul flusso idrico sotterraneo.

8.1.5 Tratta Fiume Mincio – Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698)

Nella tabella che segue (tab. 8.10) sono riportati, in sintesi, i dati piezometrici relativi ai soli sondaggi ubicati nella tratta compresa tra il Fiume Mincio e Sommacampagna.

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
ES004	1635361	5031730	99,22	4,85	4,00	0,85	94,94
ES007	1637838	5031366	98,06	9,73	6,61	3,12	88,60
ES104	1634138	5031957	98,45	4,69	2,53	2,16	94,74
ES114	1637480	5031494	108,67	7,30	6,90	0,40	101,71
ES207	1636830	5031560	105,70	20,59	8,23	12,57	85,11
ES210	1637687	5031772	104,59	10,60	7,17	3,43	94,09
Media:				9,63	5,91	3,76	93,20

Tabella 8.6: Misure piezometriche.

Le misure piezometriche registrate nei sondaggi ES010 e ES122 (tab. 8.11), tra di loro vicini, dovrebbero confermare l'esistenza di un acquifero più superficiale rispetto a quello descritto in precedenza (tab 8.10).

Sigla	X	Y	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza massima (m)	Soggiacenza minima (m)	Escursione massima (m)	Quota Falda (m s.l.m.)
ES010	1639858	5030440	125,12	1,80	0,69	1,11	123,78
ES122	1639341	5030758	126,02	4,95	2,43	2,52	122,93

Tabella 8.7: Misure piezometriche.

8.2 Misure piezometriche 2001 – 2002

Durante la campagna geognostica del 2001 – 2002, le misure piezometriche sono state eseguite con una buona continuità temporale e con un'adeguata distribuzione lungo tutto il tracciato della linea in progetto.

Nel capitolo successivo, comunque, tutte le considerazioni fatte sulla base di questi dati, verranno confrontate e riviste sulla base dei dati in acquisizione (campagna geognostica 2004), che permetteranno di raggiungere il dettaglio necessario nella definizione di queste problematiche.

8.2.1 Tratta Oglio - Mella (pk 68+350 – pk 78+600)

Nella tratta compresa tra i fiumi Oglio e Mella sono ubicati 19 piezometri a tubo aperto, che raggiungono profondità comprese tra i 25 e i 40 metri. Le letture piezometriche sono state eseguite, con una cadenza circa bisettimanale, dal gennaio del 2002 al settembre del 2002.

Nella tabella che segue (tab. 8.8) sono indicate le misure piezometriche eseguite.

SIGLA	QUOTA B.F.	n. letture	MEDIA		Soggiacenza massima	Soggiacenza minima	Escursione massima
			da p.c.	m s.l.m.	metri da p.c.	metri da p.c.	
XA202V063	108,130	13	2,67	105,46	3,11	2,17	0,94
XA202R064	113,200	13	2,92	110,28	3,15	2,77	0,38
XA202R065	127,953	13	14,44	113,51	15,78	11,53	4,25
XA202V066	132,630	13	17,72	114,91	19,16	14,25	4,91
XA202V067	133,514	13	18,85	114,66	20,33	16,01	4,32
XA202R068	132,537	13	17,96	114,57	19,23	14,68	4,55
XA202R069	133,001	13	19,04	113,96	20,67	15,59	5,08
XA202R070	132,150	13	19,08	113,07	20,80	15,76	5,04
XA202R071	133,842	13	20,57	113,27	21,29	19,13	2,16
XA202R072	134,160	13	21,35	112,81	22,93	19,78	3,15
XA202P073	134,310	13	20,55	113,76	22,50	18,97	3,53
XA202R074	136,002	13	23,87	112,13	25,17	20,88	4,29
XA202R075	136,001	13	24,29	111,71	25,57	21,64	3,93
XA202R076	135,780	13	24,54	111,24	25,79	21,83	3,96
XA202R077	135,987	13	24,82	111,17	26,04	22,12	3,92
XA202R078	135,678	13	24,55	111,13	25,75	21,74	4,01
XA202R079	134,862	13	23,68	111,18	24,88	20,83	4,05
XA202R080	133,100	13	22,64	110,46	23,78	19,85	3,93
XA202R081	131,548	13	20,85	110,70	21,96	18,24	3,72

Tabella 8.8: Misure piezometriche (2001-2002, tratta Oglio - Mella).

Dall'analisi dei dati a disposizione si evince che:

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 3.69 metri.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 5.08 m (XA202R069).
- L'escursione piezometrica minima è stata di 2.16 m (XA202R071). In due sondaggi (XA202R063 e XA202R064), ubicati nelle ristrette vicinanze del Fiume Oglio, si registra un'escursione piezometrica, rispettivamente, di soli 0.94 e 0.38 metri. Questi valori, decisamente minori rispetto alla media registrata in questi settori di pianura, sarebbero legati al controllo esercitato dal fiume stesso sulla circolazione idrica profonda.
- La soggiacenza media è valutabile in 19.18 metri al di sotto del piano campagna.
- La soggiacenza massima si registra, nella maggior parte dei casi (13 su 19 misure), in maggio, ma resta ben rappresentato anche il mese di aprile (4 su 19).
- La soggiacenza minima si registra, nella quasi totalità dei casi (17 su 19 misure), in settembre.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 110.28 (XA202R064) m s.l.m. e i 114.91 m s.l.m (XA202R066). Tutti i piezometri dovrebbero aver intercettato il medesimo sistema acquifero (acquifero superficiale).
- Nel solo sondaggio XA202V063, ubicato nelle ristrette vicinanze del Fiume Oglio, si è registrata una quota della falda di 105.46 metri s.l.m.. Questo valore, decisamente minori rispetto alla media della tratta considerata, confermerebbe l'azione drenante esercitata dal corso del fiume sul flusso idrico sotterraneo.
- Le considerazioni fatte, è necessario ricordare, sono relative all'intervallo tempo (9 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure. Manca la serie di acquisizioni relative ai mesi autunnali (ottobre – dicembre).

Nei diagrammi che seguono (figg. 8.5 – 8.6), sono sintetizzati questi concetti.

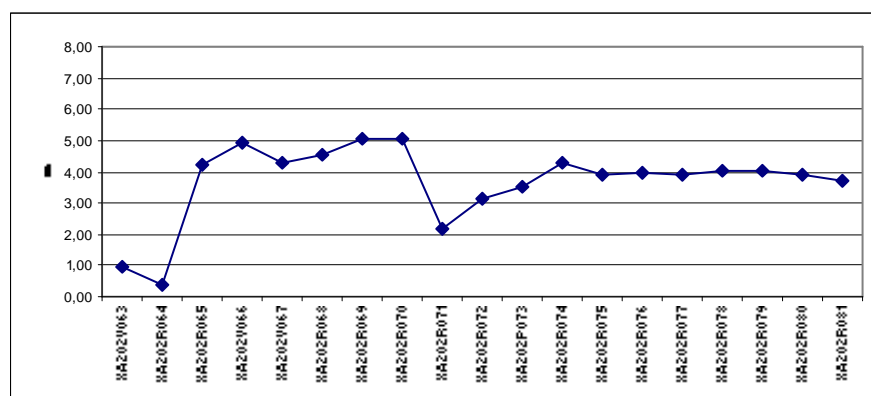


Figura 8.5: Valori di escursione piezometrica massima (m), registrati nei 19 piezometri ubicati tra l'Oglio e la Mella (2001-2002).

Il grafico proposto (fig. 8.13) conferma come sia essenzialmente omogenea la distribuzione dei valori di escursione piezometrica registrati. Ad eccezione di due picchi di minima escursione (con valori inferiori al metro), infatti, la distribuzione dei valori misurati si mantiene in un intorno ristretto del valor medio. I due picchi di minima escursione (XA202R063 e XA202R064), come detto, sono da riferire all'azione esercitata, in questi settori, dal Fiume Oglio che si comporta, nella pratica, come un limite a potenziale imposto.

La classe di escursione piezometrica maggiormente rappresentata (fig. 8.14), è quella compresa tra i 3 e i 5 metri di escursione (con 15 misure sulle 19 totali).

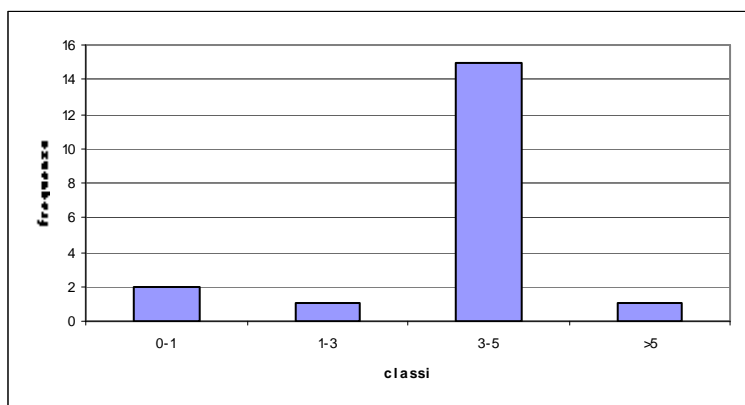


Figura 8.6: Distribuzione dei valori di escursione piezometrica.

Il diagramma che segue (fig. 8.9) rappresenta la distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza. E' importante ricordare, a tale proposito, che la serie di dati non copre un intero anno idrologico, ma solo l'intervallo compreso tra gennaio e settembre. Nel mese di agosto, inoltre, non sono state acquisite misure.

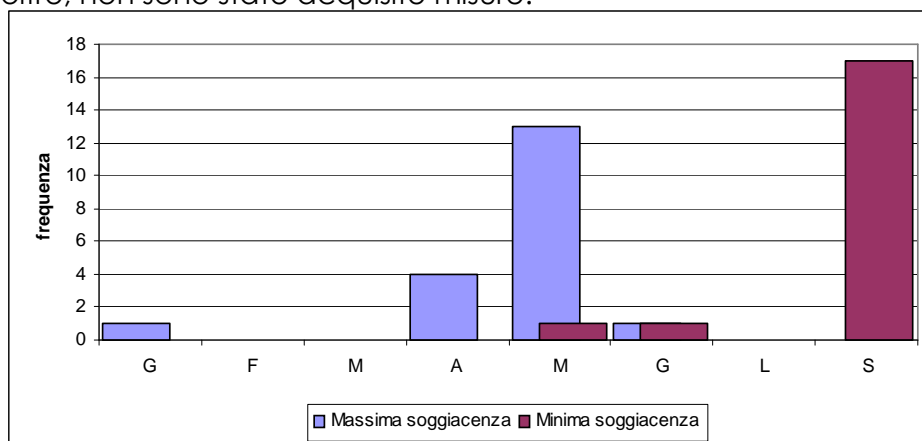


Figura 8.9: Distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza.



Lo schema che segue (fig. 8.10) descrive l'assetto idrogeologico dell'area di interesse. L'andamento delle linee isopiezometriche e, quindi, delle linee di flusso riconosciute, è stato ricostruito sulla base dei dati acquisiti nel 2001-2002 e rielaborati in questo paragrafo. Per completare la definizione dell'assetto idrogeologico dell'area in oggetto, sono stati considerati anche i dati relativi ai pozzi qui utilizzati da ARPA Lombardia nella sua rete di monitoraggio delle acque sotterranee.

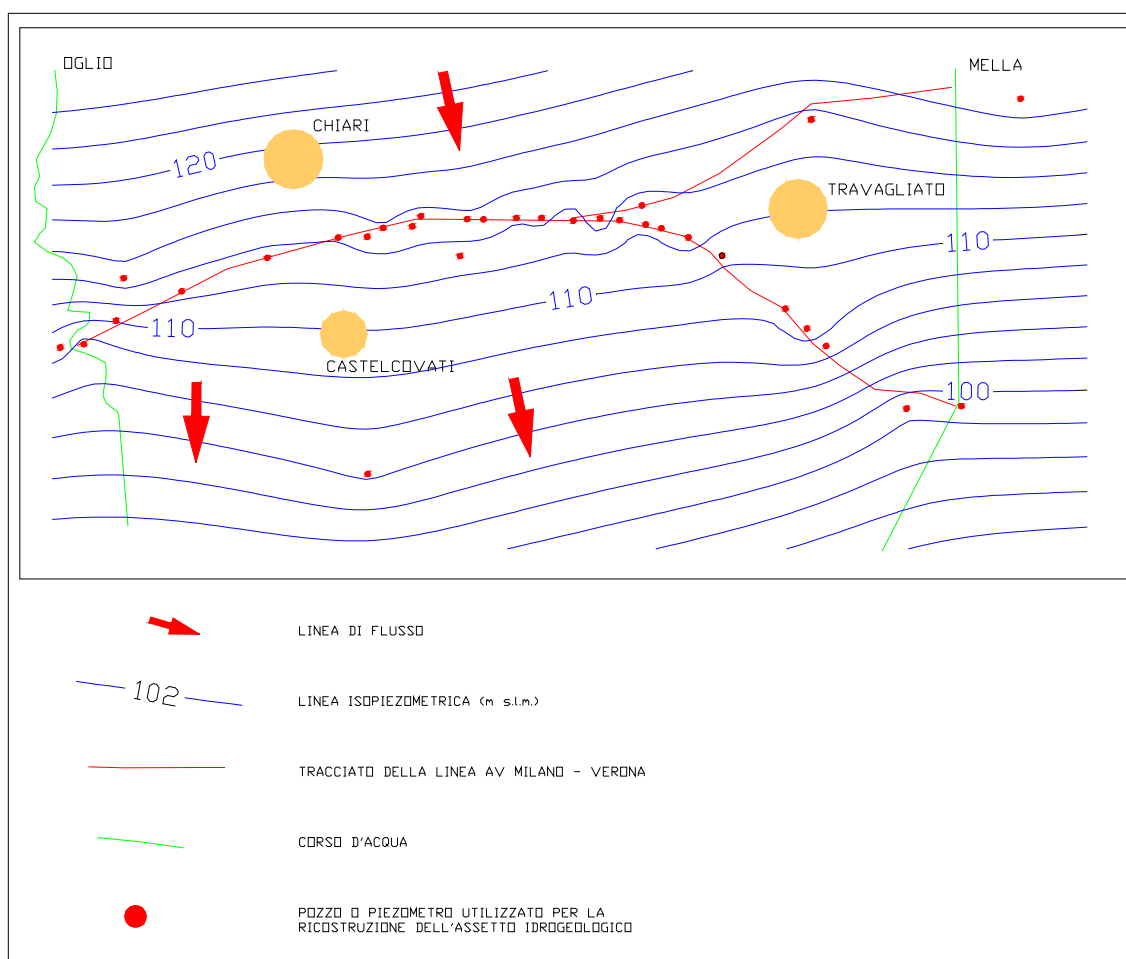


Figura 8.10: Assetto idrogeologico dell'area compresa tra i fiumi Oglio e Mella.

Le linee di flusso si orientano secondo la direzione NNO – SSE, perpendicolarmente al tracciato della linea ferroviaria in progetto. Si riconosce l'azione drenante esercitata, dai principali corsi d'acqua, sulla circolazione idrica sotterranea.



8.2.2 Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)

Nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese sono ubicati 16 piezometri. Le letture piezometriche sono state eseguite, con una cadenza da mensile a bisettimanale, dal novembre del 2001 all'agosto del 2002.

Nella tabella che segue (tab. 8.9) sono indicate le misure piezometriche eseguite.

SIGLA	QUOTA B.F.	n. letture	MEDIA		Soggiacenza massima	Soggiacenza minima	Escursione massima	
			da p.c.	m s.l.m.	metri da p.c.	metri da p.c.		
XA202V102	100,472	11	2,18	98,29	2,35	2,05	0,30	
XA202R103	99,430	11	1,80	97,63	2,04	1,71	0,33	
XA202R104	99,130	9	26,33	72,80	assente	26,33	-	
XA202R105	102,297	11	3,20	99,10	3,50	3,03	0,47	
XA202R106	103,552	11	3,44	100,12	3,73	3,19	0,54	
XA202R108	107,300	12	6,38	100,92	7,10	5,37	1,73	
XA202R109	110,380	12	7,90	102,49	8,62	6,87	1,75	
XA202R110	110,715	12	9,89	100,83	10,55	8,30	2,25	
XA202R111	113,003	12	14,18	98,82	14,65	13,82	0,83	
XA202R112	116,400	12	26,92	89,48	27,38	26,65	0,73	
XA202R113	119,200	12	12,05	107,15	12,29	11,83	0,46	
XA202O118	114,400	9	10,90	103,50	11,84	8,80	3,04	
XA202O119	109,925	9	23,45	86,48	26,53	13,08	13,45	
XA202O121	102,380	9	25,20	77,18	assente	25,20	-	
XA202O122	136,991	12	assente					
XA202R123	133,300	6	25,38	107,92	25,42	25,30	0,12	

Tabella 8.9: Misure piezometriche (2001-2002, tratta Mella - Chiese).

Dall'analisi dei dati a disposizione si evince che:

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 1.05 metri (non considerando il valore anomalo registrato in XA202O119).
- L'escursione piezometrica massima è stata di 3.04 m (XA202O118). In un solo sondaggio (XA202O119) si è misurata un'escursione di 13.45 metri, valore anomalo e decisamente maggiore rispetto alla media riscontrata in questi settori.
- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.12 m (XA202R123).
- La soggiacenza media è valutabile in 13.28 metri al di sotto del piano campagna.
- La soggiacenza massima si registra, nella maggior parte dei casi (9 su 13 misure), in aprile.

- La soggiacenza minima si registra, nella maggior parte dei casi (6 su 13 misure), in novembre, ma rimane ben rappresentato anche dicembre (3 misure).
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 90.08 (XA202R112) m s.l.m. e i 108.59 m s.l.m (XA202R123).
- Le considerazioni fatte, è necessario ricordare, sono relative all'intervallo tempo (9 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure.

Nei diagrammi che seguono (figg. 8.11 – 8.12), sono sintetizzati questi concetti

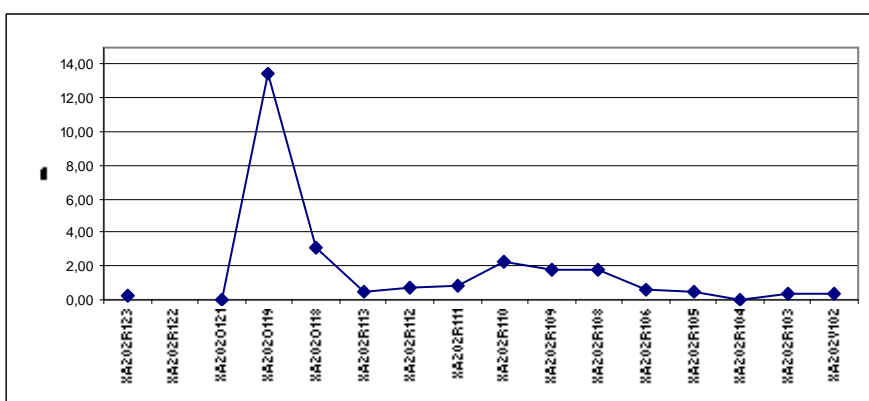


Figura 8.11: Valori di escursione piezometrica massima (m), registrati nei 13 piezometri ubicati tra il Mella e il Chiese (2001-2002).

Il grafico proposto (fig. 8.17) conferma come sia essenzialmente omogenea la distribuzione dei valori di escursione piezometrica registrati. Ad eccezione di un anomalo picco di massima escursione (con un escursione maggiore ai 13 metri), infatti, la distribuzione dei valori misurati si mantiene in un intorno ristretto del valor medio.

La classe di escursione piezometrica maggiormente rappresentata (fig. 8.18), è quella compresa tra i 0 e il metro di escursione (con 8 misure sulle 13 totali).

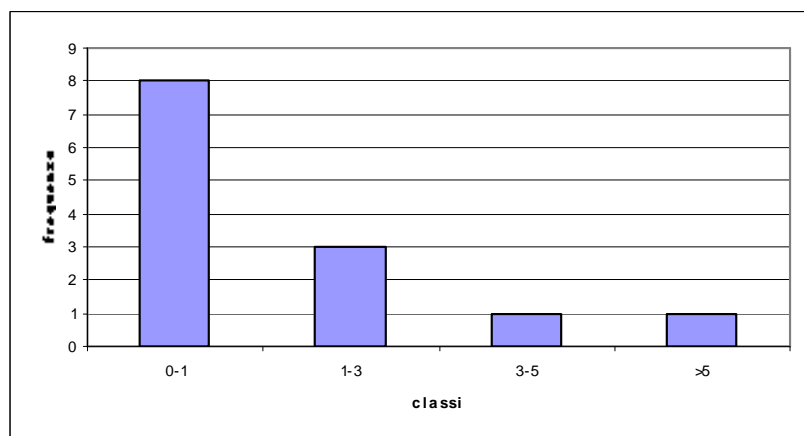


Figura 8.12: distribuzione dei valori di escursione piezometrica.

Il diagramma che segue (fig. 8.13) rappresenta la distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza. E' importante ricordare, a tale proposito, che la serie di dati non copre un intero anno idrologico, ma solo l'intervallo compreso tra novembre e agosto. Nel mese di febbraio, inoltre, non sono state acquisite misure.

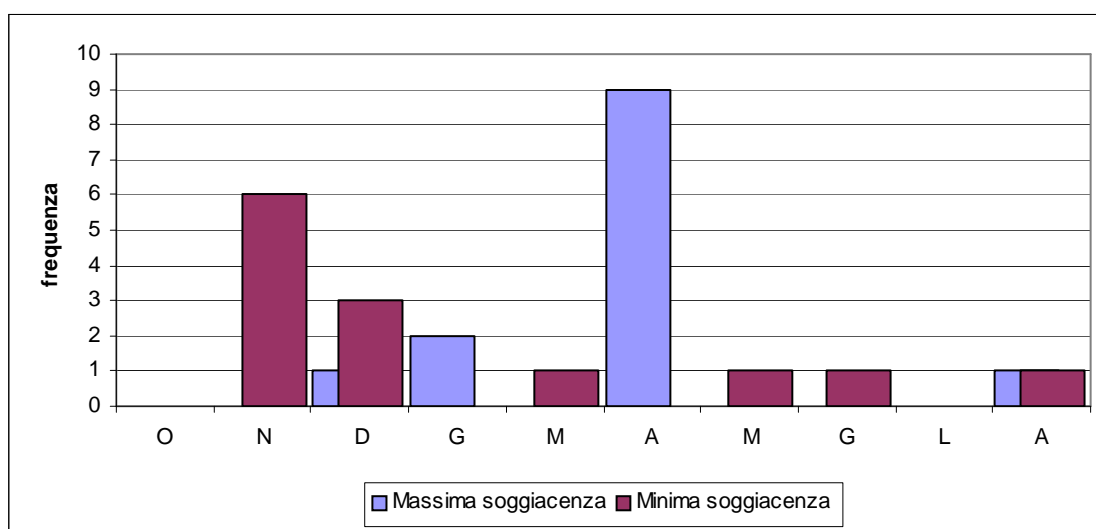


Figura 8.13: Distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza.

Lo schema che segue (fig. 8.14) descrive l'assetto idrogeologico dell'area di interesse. L'andamento delle linee isopiezometriche e, quindi, delle linee di flusso riconosciute, è stato ricostruito sulla base dei dati acquisiti nel 2001-2002 e rielaborati in questo paragrafo. Per completare la definizione dell'assetto idrogeologico dell'area in oggetto, sono stati considerati anche i dati relativi ai pozzi qui utilizzati da ARPA Lombardia nella sua rete di monitoraggio delle acque sotterranee.

Le linee di flusso sono orientate, in buona approssimazione, secondo la direzione NNE-SSO, venendo localmente richiamate dall'azione drenante esercitata dai corsi d'acqua qui presenti.

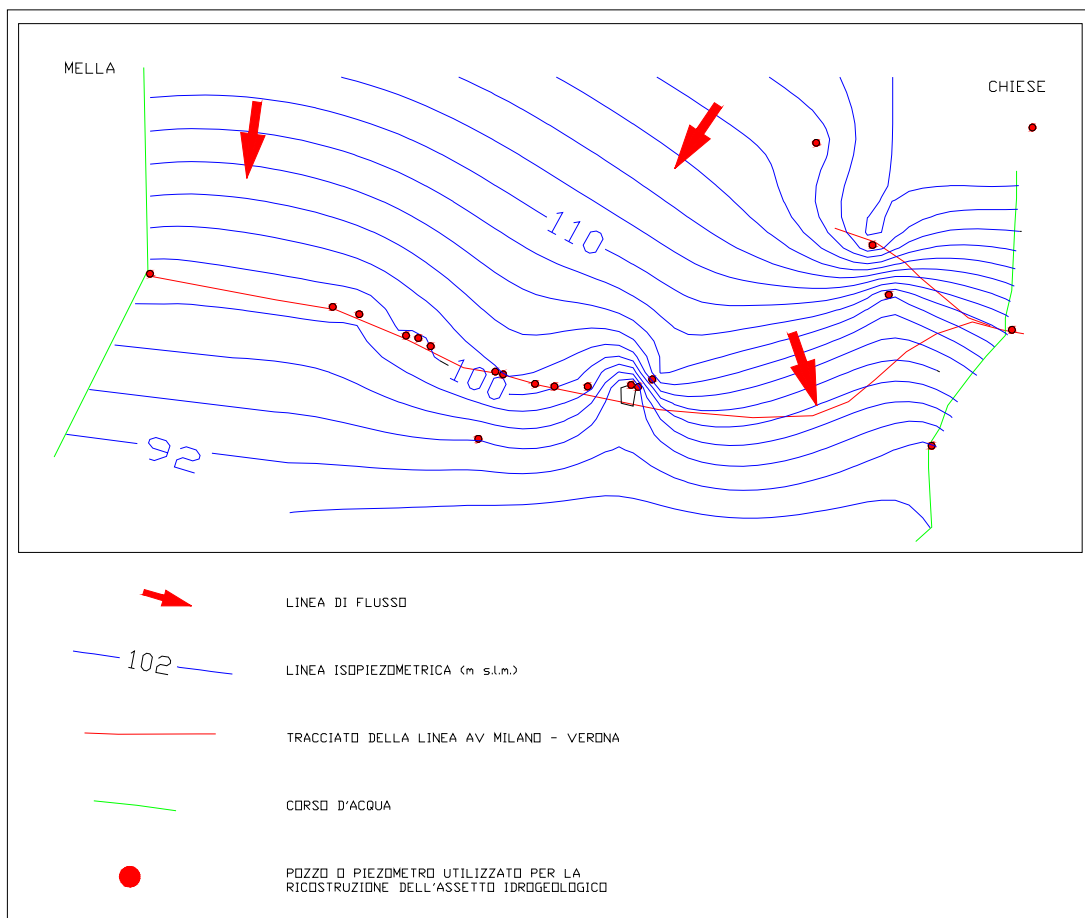


Figura 8.14: Assetto idrogeologico dell'area compresa tra i fiumi Mella e Chiese.

La soggiacenza media, nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese, tende ad aumentare da Ovest verso Est, con un gradiente significativo.

8.2.3 Galleria di Lonato

Nella tratta interessata dallo scavo della Galleria di Lonato, sono ubicati 27 piezometri. Le letture piezometriche sono state eseguite, con una cadenza circa bisettimanale, dal marzo del 2002 all'agosto del 2002.

Nella tabella che segue (tab. 8.10) sono indicate le misure piezometriche eseguite.

SIGLA	QUOTA B.F.	n. letture	MEDIA		Soggiacenza massima metri da p.c.	Soggiacenza minima metri da p.c.	Escursione massima m	
			da p.c.	m s.l.m.				
XA202B143	140,655	10	12,28	128,38	assente	12,28	-	
XA202B145	141,400	11	14,77	126,63	assente	14,77	-	
XA202B146	143,289	9	18,44	124,85	18,52	18,36	0,16	
XA202B147	145,810	11	20,87	124,94	22,16	18,66	3,50	
XA202B148	146,370	11	ASSENTE					
XA202G149	148,800	11	19,26	129,54	20,44	17,57	2,87	
XA202G150	151,133	11	ASSENTE					
XA202G151	146,759	11	ASSENTE					
XA202G152	149,112	11	13,09	136,02	13,22	13,00	0,22	
XA202G153	167,181	11	ASSENTE					
XA202G154	170,015	11	37,43	132,59	37,47	37,38	0,09	
XA202G155	187,017	11	ASSENTE					
XA202G156	182,769	11	44,56	138,21	45,45	43,21	2,24	
XA202G157	168,979	11	3,69	165,29	4,05	3,33	0,72	
AA202G158/A	156,800	11	4,25	152,55	4,47	3,71	0,76	
AA202G158/B	156,800	11	3,30	153,50	3,50	3,10	0,40	
AA202G159 /A	149,400	10	7,26	142,14	7,42	7,07	0,35	
AA202G159 /B	149,400	10	7,27	142,13	7,44	6,96	0,48	
XA202G160	140,000	8	ASSENTE					
XA202G161	135,820	11	ASSENTE					
XA202G162	135,012	11	22,90	112,11	23,18	22,67	0,51	
XA202G163	116,800	11	9,15	107,65	9,63	7,41	2,22	
XA202G164	116,779	11	ASSENTE					
XA202G165	113,015	11	ASSENTE					
XA202G166	113,250	11	ASSENTE					
XA202B167	110,484	11	10,45	100,03	14,13	6,90	7,23	
XA202B168	104,803	11	9,06	95,75	9,40	8,80	0,60	
XA202B169	96,674	11	7,59	89,09	7,92	6,97	0,95	

Tabella 8.10: Misure piezometriche (2001-2002, Galleria di Lonato).

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 1.60 metri.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 3.50 m (XA202B147). In un solo sondaggio (XA202G167) si è misurata un'escursione di 7.23 metri, valore anomalo e decisamente maggiore rispetto alla media riscontrata in questi settori.
- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.09 m (XA202G154).
- La soggiacenza media è valutabile in 15.94 metri al di sotto del piano campagna.
- Non si riconosce un mese durante cui si registri, con una frequenza marcatamente dominante, la soggiacenza massima. Sono i mesi estivi, comunque, a registrare, con



maggior frequenza, i picchi di massima soggiacenza. Questa realtà si può ben correlare con la distribuzione mensile delle precipitazioni meteoriche, che vedono un minimo proprio in estate.

- Non si riconosce un mese durante cui si registri, con una frequenza marcatamente dominante, la soggiacenza minima. Un massimo relativo (5 misure su 14) si registra in aprile, ma rimangono ben rappresentati anche marzo (3 misure) e Maggio (3 misure). Si può concludere, in sintesi, che sono i mesi primaverili quelli caratterizzati dalla soggiacenza mediamente minore, realtà che si può ben correlare con la distribuzione mensile delle precipitazioni meteoriche, che vedono un massimo proprio in primavera.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 89,09 (XA202G169) m s.l.m. e i 165.29 m s.l.m (XA202G157).
- Le misure piezometriche eseguite, sembrano confermare la complessità nell'assetto idrogeologico caratteristico dell'anfiteatro morenico del Garda. Si riconoscono almeno due sistemi acquiferi differenti, il primo attestato ad una quota media compresa tra i di 90 metri s.l.m. circa e i 125 metri s.l.m. circa, il secondo, invece, ad una quota media di 160 m s.l.m. circa. La variabilità nella distribuzione dei valori di escursione piezometrica massima, in realtà, potrebbe essere legata alla presenza di un numero ancora maggiore di acquiferi tra loro indipendenti.
- I sondaggi XA202G158 e XA202G159 sono stati attrezzati, rispettivamente, con 2 celle piezometriche di tipo Casagrande. In entrambi i casi la prima cella (A) è ubicata intorno ai 20 metri di profondità, la seconda (B) intorno ai 33 metri. In entrambi i casi si registra, in ognuna delle due diverse celle, un livello piezometrico del tutto simile (4.25 e 3.30 metri in XA202G158; 7,26 e 7,27 metri in XA202G159). Sulla base di questi dati si può presumere che l'acquifero raggiunto dalle due celle presenti in ognuna delle verticali rappresenti, in realtà, un unico sistema.
- Le considerazioni fatte, è necessario ricordare, sono relative all'intervallo tempo (6 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure.



Nei diagrammi che seguono (figg. 8.21 – 8.23), sono sintetizzati questi concetti:

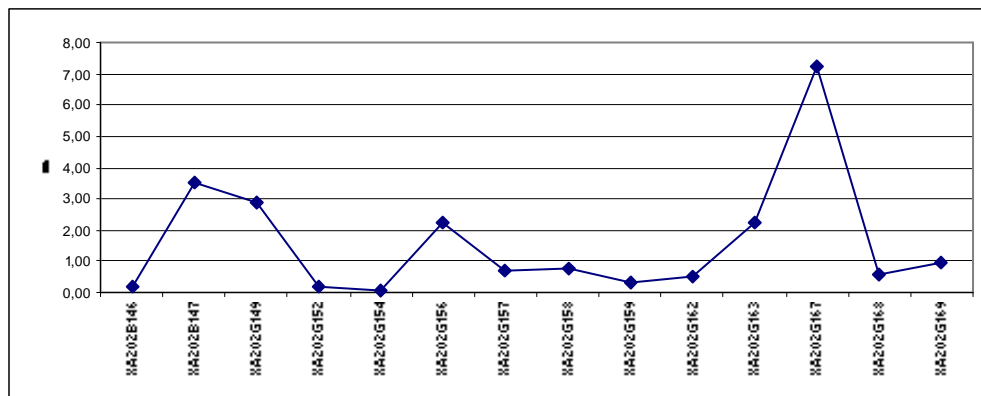


Figura 8.15: Valori di escursione piezometrica massima (m), registrati nei 14 piezometri ubicati nel territorio di Lonato (2001-2002).

Il grafico proposto (fig. 8.15) conferma come sia essenzialmente omogenea la distribuzione dei valori di escursione piezometrica registrati. Ad eccezione di un anomalo picco di massima escursione (XA202G167, con un'escursione maggiore ai 7 metri), infatti, la distribuzione dei valori misurati si mantiene in un intorno ristretto del valor medio.

La classe di escursione piezometrica maggiormente rappresentata (fig. 8.16), è quella compresa tra 0 metri e 1 metro di escursione (con 9 misure sulle 14 totali).

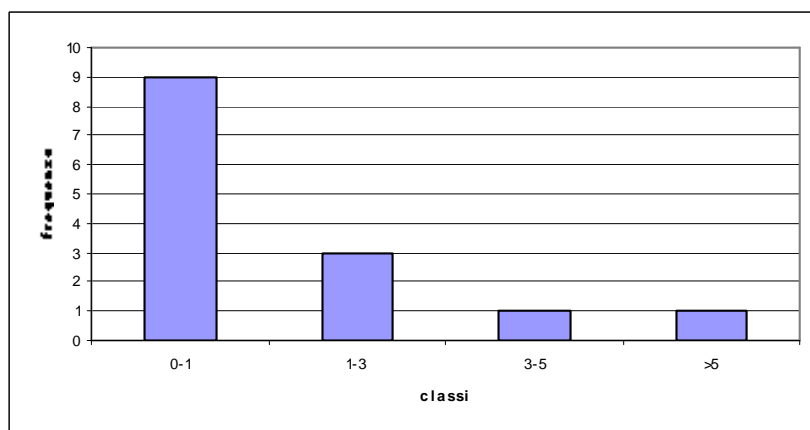


Figura 8.16: Distribuzione dei valori di escursione piezometrica.

Il diagramma che segue (fig. 8.17) rappresenta la distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza. In generale si nota come siano i mesi estivi (luglio e agosto) a registrare la frequenza maggiore nei valori di massima soggiacenza; sono i mesi primaverili (aprile), invece, a far registrare la maggior frequenza nei valori di soggiacenza minore. Questa realtà

sembra rispondere al regime pluviometrico regionale, che mostra un picco nelle precipitazioni proprio nei mesi primaverili.

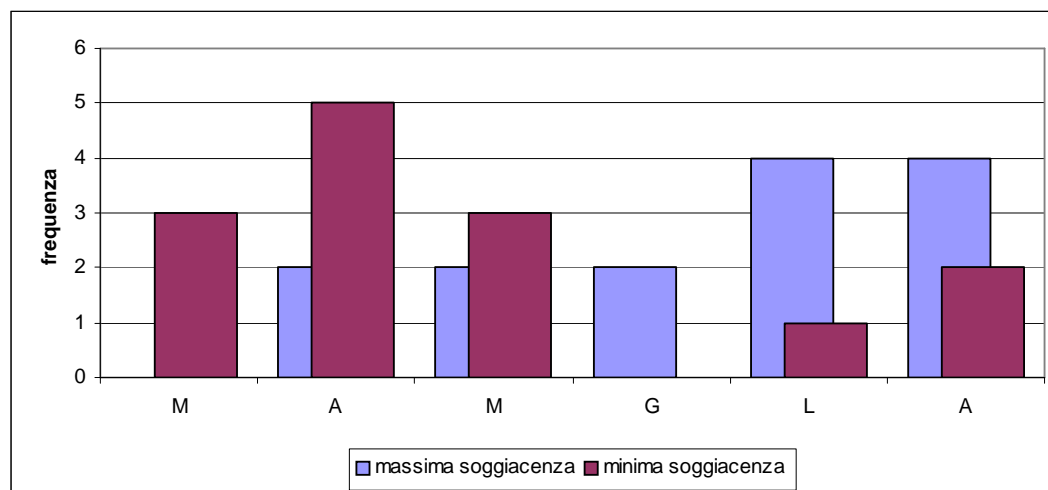


Figura 8.17: Distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza.

E' importante ricordare, a tale proposito, che la serie di dati non copre un intero anno idrologico, ma solo l'intervallo compreso tra marzo e agosto.

8.2.4 Galleria Madonna del Frassino

Nella tratta interessata dallo scavo della Galleria Madonna del Frassino, sono ubicati solamente 3 piezometri. Le letture piezometriche sono state eseguite, nella verticale XA202G134, con una cadenza circa bisettimanale, dal marzo del 2002 all'agosto del 2002; nelle verticali S1 e S2, invece, le misure sono state eseguite, con cadenza settimanale, dal luglio 2002 a novembre 2002.

Nella tabella che segue (tab. 8.11) sono indicate le misure piezometriche eseguite.

SIGLA	QUOTA B.F.	n. letture	MEDIA		Soggiacenza massima metri da p.c.	Soggiacenza minima metri da p.c.	Escursione massima m
			da p.c.	m s.l.m.			
XA202G134	86,5	9	13,18	73,32	13,38	13,03	0,35
S1	67,620	16	4,31	63,31	4,80	3,92	0,88
S2	76,800	16	25,28	51,53	30,60	21,06	9,54

Tabella 8.11: Misure piezometriche (2001-2002, Galleria Madonna del Frassino).

La quantità e la qualità dei dati a disposizione, non permette di fare considerazioni maggiormente dettagliate.

Il piezometro S2, fenestrato dai 53 m s.l.m. e con un livello piezometrico di 51,53 metri sul livello del mare, in evidente disaccordo con il trend medio riconosciuto per questi settori, sembrerebbe intestarsi in un acquifero più profondo. Alternativamente non è da escludere che un simile dislivello potrebbe essere motivato anche dalla presenza, nelle immediate vicinanze del piezometro S2 stesso, di un pozzo industriale (PZ892 nell'allegata tavola dei punti d'acqua) in continuo emungimento con portate anche importanti.

Tali ipotesi verranno vagliate a seguito dell'acquisizione di ulteriori informazioni di carattere idrogeologico, provenienti dalle indagini e dal monitoraggio in corso di esecuzione.

8.2.5 Galleria San Giorgio

Nella tratta interessata dallo scavo della Galleria San Giorgio, sono ubicati 12 piezometri. Le letture piezometriche sono state eseguite, con una cadenza circa bisettimanale, dal marzo del 2002 all'agosto del 2002.

Nella tabella che segue (tab. 8.12) sono indicate le misure piezometriche eseguite.

SIGLA	QUOTA B.F.	n. letture	MEDIA		Soggiacenza massima	Soggiacenza minima	Escursione massima	
			da p.c.	m s.l.m.	metri da p.c.	metri da p.c.	m	
XA202B170	103,000	11	3,22	99,78	4,09	2,30	1,79	
XA202B171	117,500	11	0,72	116,78	1,27	0,45	0,82	
XA202G172	128,543	11	3,78	124,76	4,84	2,88	1,96	
XA202G173	126,409	11	5,95	120,45	6,61	5,65	0,96	
XA202G174	133,260	11	13,92	119,34	14,61	13,06	1,55	
XA202B175	141,775	11	ASSENTE					
EA202B176	118,800	11	2,62	116,18	5,07	1,67	3,40	
EA202B176	118,800	11	13,57	105,23	15,01	11,70	3,31	
XA202B177	121,496	11	7,80	113,69	9,57	4,53	5,04	
XA202B178	119,020	11	6,99	112,03	9,50	3,70	5,80	
XA202B179	118,697	11	5,16	113,54	7,73	2,18	5,55	
XA202B180	120,124	11	7,56	112,57	9,40	4,70	4,70	
XA202B181	126,200	11	ASSENTE					
XA202B182	119,541	11	14,57	104,97	15,55	13,76	1,79	

Tabella 8.12: Misure piezometriche (2001-2002, Galleria San Giorgio).

- L'escursione piezometrica media è valutabile in 3.25 metri.
- L'escursione piezometrica massima è stata di 5.80 m (XA202B178).

- L'escursione piezometrica minima è stata di 0.96 m (XA202G173).
- La soggiacenza media è valutabile in 7.16 metri al di sotto del piano campagna.
- La soggiacenza massima si registra, nella maggior parte dei casi (7 su 10 misure), in aprile.
- La soggiacenza minima si registra, nella maggior parte dei casi (6 su 10 misure), in agosto.
- La quota (m s.l.m.) della falda si mantiene su valori compresi tra i 99.78 (XA202B170) m s.l.m. e i 124.76 m s.l.m (XA202G172).
- Le considerazioni fatte, è necessario ricordare, sono relative all'intervallo tempo (6 mesi) durante il quale sono state eseguite le misure.

Nei diagrammi che seguono (figg. 8.18 – 8.19), sono sintetizzati questi concetti.

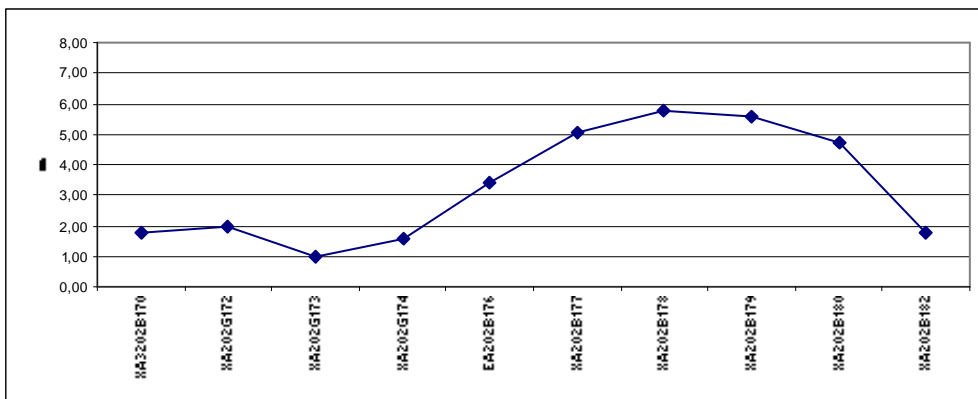


Figura 8.18: Valori di escursione piezometrica massima (m), registrati nei 10 piezometri ubicati nel territorio attraversato dalla Galleria San Giorgio (2001-2002).

La distribuzione dei valori di massima escursione piezometrica, si presenta piuttosto eterogenea. Non si riconosce, tra l'altro, una classe di escursione (fig. 8.19) spiccatamente dominante rispetto alle altre.

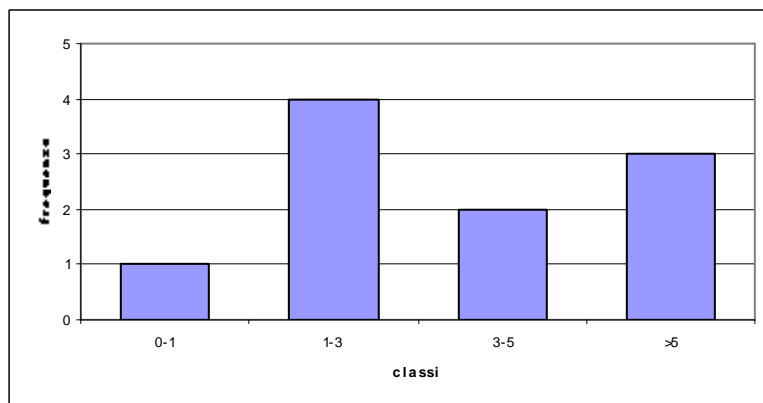
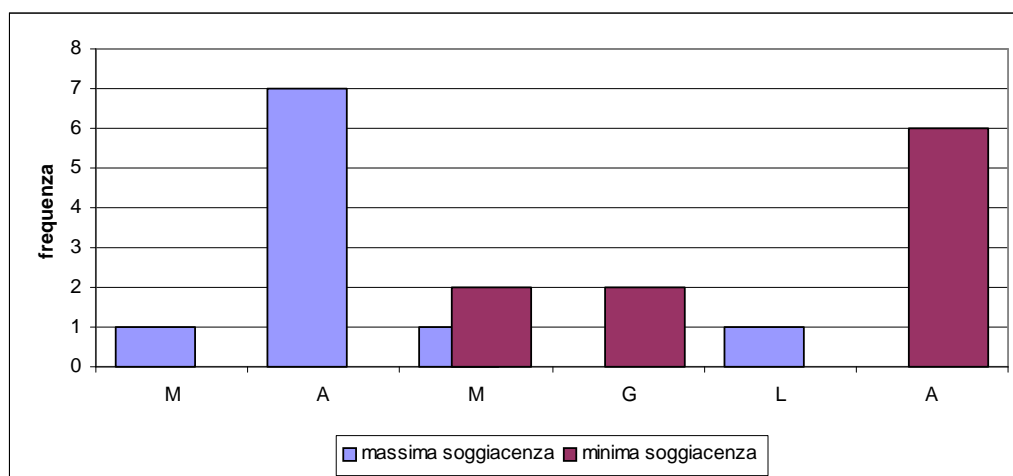


Figura 8.19: Distribuzione dei valori di escursione piezometrica.

Il diagramma che segue (fig. 8.20) rappresenta la distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza. Tale distribuzione non sembra trovare riscontro con il regime pluviometrico regionale, che mostra un picco nelle precipitazioni nei mesi primaverili, caratterizzati, invece, da valori di soggiacenza massimi. Questa realtà dovrebbe essere legata alla presenza, in questi settori della pianura veneta, di un'importante attività irrigua, attiva soprattutto nei mesi estivi.



8.20: Distribuzione mensile dei valori di massima e di minima soggiacenza.

8.3 Misure piezometriche 2004

Durante la campagna geognostica del 2004 oltre a prevedere la lettura dei piezometri di nuova realizzazione è stata prevista la lettura anche dei piezometri installati nella campagna precedente Italferr (2001-2002). Tali letture sono iniziate nel gennaio 2004 con cadenza mensile e proseguendo fino a giugno 2005. Per i piezometri ubicati in corrispondenza delle gallerie vi è stata un'ulteriore estensione delle letture fino all'agosto 2005.

Nei paragrafi che seguono sono inseriti in tabella i valori salienti desunti dalle misure piezometriche del:

- 2001-2002
- gennaio-settembre 2004 (cfr. allegato 1)
- ottobre 2004-maggio 2005 (cfr. allegato 1)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
98di133

8.3.1 Tratta Interconnessione Treviglio

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
1SN206	120.450				7.89	112.56	1.81	1.26	112.83	0.10
1SN208	120.693				9.22	111.47	0.4	Non+attivo	Non + attivo	Non + attivo
1SN210	121.270				9.31	111.96	2.59	8.50	112.77	1.2

8.3.2 Tratta Oglio - Mella (pk 68+350 - pk 78+600)

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005			STATO ATTUALE
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m	
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.		
XA202V063	108.130	2.67	105.46	0.94	2.45	105.68	1.10	2.72	105.41	0.3	OSTRUITO
XA202R065	127.953	14.44	113.51	4.25	13.93	114.02	3.40	ostruito	-	-	
XA202V067	133.514	18.85	114.66	4.32	17.76	115.75	5.00	17.08	116.43	4	
XA202R068	132.537	17.96	114.57	4.55	17.31	115.22	3.80	16.83	115.70	3	
XA202R069	133.001	19.04	113.96	5.08	18.04	114.96	5.20	17.35	115.65	3.8	
XA202R070	132.150	19.08	113.07	5.04	17.71	114.44	5.10	17.30	114.85	4	
XA202R071	133.842	20.57	113.27	2.16	18.10	115.74	5.80	15.85	117.99	0.9	
XA202R074	136.002	23.87	112.13	4.29	22.63	113.38	4.50	22.17	113.84	3.5	
XA202R075	136.001	24.29	111.71	3.93	23.45	112.55	4.50	22.98	113.02	3.1	
XA202R076	135.780	24.54	111.24	3.96	23.64	112.14	4.40	23.20	112.58	2.9	
XA202R077	135.987	24.82	111.17	3.92	23.99	112.00	3.40	23.62	112.37	2.2	
XA202R078	135.678	24.55	111.13	4.01	23.99	111.69	3.00	23.40	112.28	1.8	
XA202R079	134.862	23.68	111.18	4.05	24.04	110.84	2.90	24.15	110.71	2.5	
XA202R081	131.548	20.85	110.70	3.72	20.24	111.31	3.80	19.55	112.00	2.5	
XA202R094	112.642	4.86	107.79	1.47	4.71	107.93	1.40	4.72	107.93	0.9	
XA202R095	109.464	2.88	106.58	0.99	2.83	106.64	0.60	2.60	106.86	0.5	
S12	111.435	2.74	108.70	1.18	3.07	108.36	1.60	2.83	108.60	0.8	
1SN048	109.254				3.96	105.30	8.75	non+attivo	non+attivo	non+attivo	NON + ATTIVO
2SN002	124.570				14.55	110.02	6.19	14.72	109.85	1.80	
2SN013	131.650				16.39	115.26	2.70	17.26	114.39	2.30	
2SN015	133.680				19.66	114.02	4.33	19.30	114.38	-	
2SN023	129.315				18.90	110.42	2.74	non+attivo	non+attivo	non+attivo	
2SN026	122.169				13.60	108.57	4.95	12.62	109.55	0.20	
2SN027	118.286				10.28	108.00	0.36	non+attivo	non+attivo	non+attivo	
2SN028	114.090				5.93	108.16	2.77	5.23	108.87	0.50	
2SN031	105.300				1.79	103.51	1.38	1.66	103.64	0.20	
2SN033	101.526				0.94	100.59	0.50	1.24	100.29	0.40	
2SN035	99.835				1.01	98.83	1.13	1.08	98.76	0.20	
2SN009	133.700				2.75	119.10	0.00	16.07	117.63	1.40	
SNF4	105.05				1.2	103.85	0.5	1.18	103.87	0.1	

Le misure piezometriche effettuate nel 2004-2005, si mantengono su valori del tutto confrontabili con le misure 2001-2002.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
99di133

8.3.3 Tratta Mella - Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione	Media		Escursione	Media		Escursione
		m p.c.	m s.l.m.	m	m p.c.	m s.l.m.	m	m da p.c.	m s.l.m.	m
XA202R098	100.33	NESSUNA	NESSUNA	NESSUNA	1.09	99.24	0.34	1.38	98.95	0.2
XA202V102	100.47	2.18	98.29	0.30	1.85	98.62	1.50	2.47	98.01	0.1
XA202R105	102.30	3.20	99.10	0.47	2.44	99.86	0.94	2.57	99.73	0.39
XA202R106	103.55	3.44	100.12	0.54	2.74	100.81	0.88	2.84	100.71	0.39
XA202R110	110.72	9.89	100.83	2.25	8.55	102.16	0.97	8.64	102.07	1.42
XA202R111	113.00	14.18	98.82	0.83	13.61	99.40	0.99	13.79	99.21	0.68
XA202R112	116.40	26.92	89.48	0.73	26.35	90.05	2.26	26.78	89.63	0.51
XA202R122	136.99	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	29.39	107.60	0.72	29.30	107.70	0.01
S9	107.50	6.58	100.92	1.88	6.53	100.97	5.74	5.94	101.56	0.71
2SN040	102.07				2.75	99.32	0.55	2.76	99.31	0.30
2SN050	99.33				2.03	97.31	1.11	2.72	96.61	0.40
3SN003	99.95				1.01	98.94	0.35	1.01	98.94	0.2
3SN005	103.67				3.51	100.16	0.87	3.57	100.10	0.4
3SN014	111.40				15.30	96.10	1.44	15.25	96.15	1.71
3SN016	108.39				14.89	93.50	1.90	14.75	93.64	1.64
3SN019	111.43				21.05	90.33	2.13	21.09	90.34	1.24
3SN023	112.86				26.18	86.68	1.22	25.86	87.00	0.67
3SN025	114.56				28.44	86.12	0.44	28.56	86.00	0.65
3SN028	114.67				29.92	84.75	2.01	28.77	85.90	1.03
3SN031	118.01				29.57	88.43	0.07	29.56	88.45	0.21
3SN036	120.29				29.20	91.09	0.00	29.26	91.03	0
3SN039	124.52				27.96	96.56	0.07	28.24	96.28	1.07
3SN041	129.22				ASSENTE	-	-	ASSENTE	-	-
3SN042	122.88				34.55	88.33	4.34	33.89	88.99	2.15
3SN045	134.34				39.01	95.33	1.09	38.75	95.59	0
3SN052	135.82				25.88	109.94	0.31	Non + attivo	Non + attivo	Non + attivo
3SN055	132.86				27.99	104.87	1.80	30.902	101.96	1.78
SNF5	99.60				1.15	98.45	0.10	1.20	98.40	0.2
SNF7	99.40				0.98	98.43	0.10	1.10	98.30	0.2
SNF8	100.05				1.10	98.95	0.20	1.18	98.87	0.1
SNF10	105.03				1.20	103.83	0.50	1.20	103.83	0
SNF11	99.80				1.13	98.68	0.20	1.14	98.66	0.1
SNF12	98.95				0.78	98.18	0.20	1.04	97.91	0.3

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
100di133

8.3.4 Tratta da pk 101+275 – pk 103+742 con G.Calcinato II

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
S1-XA202G141	146.311	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	16.18	130.13	3.28	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
3SN059	139.290				30.83	108.46	0.88	34.02	105.27	2.60
3SC060	148.380				13.10	135.28	0.60	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
	148.380				32.39	115.99	0.90	32.61	115.77	0.70
3SN061	132.560				34.98	97.58	6.09	36.99	95.57	2.63
3SN063	133.280				34.81	98.47	4.67	36.25	97.03	0.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
101di133**8.3.5 Galleria di Lonato (pk 104+237 – pk 111+995)**

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione	Media		Escursione	Media		Escursione
		m p.c.	m s.l.m.	m	m p.c.	m s.l.m.	m	m da p.c.	m s.l.m.	m
S7-XA202B147	145.810	20.87	124.94	3.50	22.15	123.66	0.95	22.17	123.64	0.77
S11-XA202G151	146.759	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	25.14	121.61	0.26	25.15	121.61	0.17
S12-XA202G152	149.112	13.09	136.02	0.22	>15	ASSENTE	NC	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
S13-XA202G153	167.181	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	49.11	118.07	3.53	49.99	117.19	2.32
S14-XA202G154	170.015	37.43	132.59	0.09	37.44	132.58	1.07	37.73	132.28	0.36
S15-XA202G155	187.017	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	58.93	128.09	0.00	58.94	128.08	0.11
S16-XA202G156	182.769	44.56	138.21	2.24	44.17	136.60	2.58	44.63	138.14	1.76
S17-XA202G157	168.979	3.69	165.29	0.72	3.16	165.81	0.93	3.39	165.59	0.87
S19-XA202G159	149.400	7.26	142.14	0.35	6.97	142.27	2.42	13.36	136.72	13.15
	149.400	7.27	142.13	0.48	7.10	142.05	3.11	7.82	141.56	0.46
S27-XA202G167	110.484	10.45	100.03	7.23	13.27	97.21	1.93	13.51	96.97	1.51
S28-XA202G168	104.803	9.06	95.75	0.60	7.88	96.93	2.12	8.48	96.32	0.35
S29-XA202G169	96.674	7.59	89.09	0.95	1.37	95.31	1.22	1.56	95.12	0.37
3SC067/A	163.480				ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
3SC067/B	163.480				38.44	125.04	0.86	38.77	125.06	0.59
3SC068	170.190				63.00	107.19	0.76	63.37	106.92	0.18
3SC069/A	170.410				3.02	167.39	3.38	5.28	166.93	4.68
3SC069/B	170.410				14.74	155.67	6.74	19.70	156.25	13.70
3SC071/B	135.570				20.00	115.48	2.95	22.46	113.81	1.64
3SC071/B	135.570				20.95	114.71	3.50	21.96	114.37	1.95
3SC072/A	134.370				20.42	113.95	3.10	23.30	112.88	6.06
3SC072/B	134.370				20.17	114.20	1.56	21.46	113.27	0.94
3SC075/A	143.430				ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
3SC075/B	143.430				ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
S1GL	133.650				19.71	113.94	13.89	28.85	104.80	0.91
S2GL	151.490				21.68	129.81	14.31	31.23	120.27	5.29
S3GL	142.680				22.74	119.94	10.53	28.25	114.44	3.29
S4GL	163.500				33.25	130.25	23.79	39.33	124.17	11.52
S5GL	185.200				19.01	166.19	2.51	19.90	165.30	0.28
S6GL	148.620				42.05	106.57	1.52	43.21	105.41	1.95
S7GL	107.830				5.12	102.71	0.61	5.35	102.48	0.21
S8GL	90.302				1.53	88.77	0.29	1.24	89.07	0.41
S9GL	150.600				31.99	118.61	1.36	33.37	117.23	2.79
S10GL	185.890				10.07	175.82	1.56	10.79	175.10	0.28
S11GL	150.820				0.37	150.45	0.16	0.30	150.52	0.14
S12GL	151.080				1.97	149.11	0.38	1.63	149.45	0.98
3SC400	175.500				ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
					ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	33.46	142.04	1.20
					11.49	164.01	0.00	12.78	162.72	1.60
3SC300	168.300				-	-	-	54.66	113.64	0.00
					-	-	-	37.91	130.39	1.08
					-	-	-	25.08	143.22	0.00
3SC500	157.300				-	-	-	15.44	141.87	0.11
					-	-	-	36.03	121.27	0.05
					-	-	-	53.20	104.10	2.98

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
102di133

Le misure piezometriche effettuate nel 2001-2002, si mantengono su valori del tutto confrontabili con quanto del 2004-2005.

Vista l'importanza e la criticità riconosciute per il territorio interessato dallo scavo della Galleria di Lonato, è stata elaborata per questi settori una monografia di dettaglio (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010040 e IN0500DE2F5GE00010180), cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

8.3.6 Tratta da pk 113+454 a pk 120+533

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
XA202R130	91.013	4.13	86.89	0.54	4.00	87.01	1.35	4.09	86.92	1.4
4SC001	90.9				4.58	86.32	0.31	3.87	87.03	0.99
4SC004	86.86				0.149615	86.70	1.3	0.25	86.61	1.25
4SC005	85.57				2.172174	83.40	2.93	2.72	82.85	1.16
4SC006	80.21				2.777692	77.43	2.61	3.15	77.06	2.82
4SC009	78.81				7.718462	71.09	2.93	8.13	70.68	2.28
4SC011	79.3				15.73	63.57	2.36	12.26	67.04	4.38

8.3.7 Galleria Madonna del Frassino (pk 121+396 – pk 123+350)

In tabella sono riportati i dati piezometrici relativi ai sondaggi realizzati durante la campagna geognostica 2004.

Vista l'importanza e la criticità riconosciute per il territorio interessato dal laghetto del Frassino, è stata elaborata per questi settori una monografia di dettaglio (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010031 e IN0500DDE2F5GE00010200), cui si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
4S1SC	85.669				13.06	72.61	0.84	11.82	73.85	1.77
4SC013	83.260				13.19	72.48	0.82	11.75	73.92	1.68
S5GF	84.700				ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
					9.45	75.26	1.51	9.81	74.89	0.60
4SC015/A	86.730				17.85	68.88	10.38	20.17	66.56	0.60
4SC015/B					3.62	83.11	1.92	3.47	83.27	0.09
4SN015bis	97.57				18.33	79.24	4.21	19.16	78.41	1.42
4SN016	86.07				3.51	82.57	0.44	2.40	83.67	1.98
4SN016 bis	93.15				7.09	86.06	0.71	7.45	85.71	0.58
S6GF/A	86.980				5.32	81.66	1.75	5.98	81.00	1.90
S6GF/B					5.74	81.24	3.71	5.27	81.71	5.75
S1LF/A	74.100				1.00	73.1	0.21	0.86	73.24	0.29
S1LF/B					8.62	65.48	1.98	7.49	66.61	1.04
S2LF/A	75.370				0.94	72.29	1.02	1.01	74.37	0.30
S2LF/B					9.99	65.38	4.39	8.89	66.48	5.44
S3LF	81.870				16.08	65.79	4.00	15.53	66.34	0.91
S4LF/A	74.950				0.47	74.48	0.30	0.34	74.61	0.25
S4LF/B					21.52	53.43	6.12	18.95	56.00	1.67

8.3.8 Tratta da pk 123+960– pk 129+609 con G.Paradiso

All'elenco presentato nel seguito deve essere aggiunto il nuovo piezometro posizionato nell'estate 2005, denominato 4SN025. Esso ha una profondità di 40 m con fenestrazione tra 3-40 m ed è ubicato alla progressiva 126+486. L'unica lettura disponibile è quella eseguita nell'agosto 2005 in cui veniva misurato un livellio di falda a 96.01 m s.l.m.

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
4SN017	82.553				5.12	77.44	0.53	3.74	78.81	2.53
4SN018	74.365				5.41	68.96	0.20	4.39	69.97	1.75
4SN019	66.980				5.88	61.10	0.97	5.27	61.71	1.28
S1GP	89.752				3.53	86.22	0.3	3.26	86.49	1.67
4SC023	97.480				3.91	93.57	1.56	4.51	92.97	0.99
4SN026	101.170				15.06	86.11	11.96	20.45	80.72	8.73
4SN028	107.430				20.27	87.16	1.05	20.41	87.02	0.44
4SN031	100.350				27.39	72.96	2.93	25.87	74.48	0.54

8.3.9 Galleria San Giorgio (pk 129+907 – pk 133+325)

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005			STATO ATTUALE
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione	Media		Escursione	Media		Escursione	
		m p.c.	m s.l.m.	m	m p.c.	m s.l.m.	m	m da p.c.	m s.l.m.	m	
S31-XA202G171	117.500	0.72	116.78	0.82	0.18	117.32	0.14	0.11	117.39	0	ASSENTE
S32-XA202G172	128.543	3.78	124.76	1.96	2.94	125.60	1.08	3.17	125.37	1.66	
S33-XA202G173	126.409	5.95	120.45	0.96	6.17	120.24	2.97	6.69	119.72	0.34	
S34-XA202G174	133.260	13.92	119.34	1.55	6.38	126.88	-	Non + attivo	Non + attivo	Non + attivo	
S36-EA202B176	118.800	2.62	116.18	3.40	1.97	116.83	0.64	2.41	116.39	0.82	
	118.800	13.57	105.23	3.31	11.85	106.95	3.51	12.37	106.44	2.46	
S37-XA202B177	121.496	7.80	113.69	5.04	3.85	117.65	1.01	4.48	117.02	3.95	
S38-XA202B178	119.020	6.99	112.03	5.80	5.52	113.50	4.95	6.57	112.45	5.21	
S39-XA202B179	118.697	5.16	113.54	5.55	4.70	113.99	4.68	5.31	113.39	5.07	
S40-XA202B180	120.124	7.56	112.57	4.70	6.37	113.76	4.51	6.50	113.62	4.16	
S41-XA202B181	126.200	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	13.36	112.84	9.09	16.09	110.11	-	
S42-XA202B182	119.541	14.57	104.97	1.79	14.13	105.41	2.43	14.23	105.31	2.03	
4SN033	118.990				0.38	118.61	0.84	0.77	118.22	0.47	
4SC037/A	130.990				12.46	118.53	1.48	13.45	117.39	1.25	
					14.14	116.85	1.35	15.33	116.94	1.80	
4SC038/A	120.470				5.17	115.30	1.65	6.39	114.08	1.93	
					3.39	117.08	1.70	4.64	115.83	2.12	
S1GS	115.910				0.00	115.91	0.00	0.00	115.91	0.00	
S2GS	131.968				7.02	124.95	0.45	7.75	124.22	1.22	
S3GS	128.831				2.90	125.93	0.94	3.07	125.76	0.95	
S4GS	122.295				10.34	111.96	1.01	12.57	109.73	1.39	
S5GS	128.254				10.63	117.62	2.34	13.11	115.15	2.09	
S6GS	115.442				1.25	114.19	1.13	3.05	112.39	1.76	
S7GS	110.358				5.46	104.89	0.36	7.05	103.31	1.33	
S8GS	123.831				14.27	109.56	0.25	14.72	109.11	0.56	
S9GSDN	147.245				20.09	127.16	11.95	A	-	-	

Nell'estate 2005 ai piezometri riportati in elenco è stato aggiunto un nuovo piezometro a tubo aperto identificato dal codice 4SN035. Esso ha una profondità di 40 m con fenestrazione tra 3-40 m ed è ubicato alla progressiva 130+200 con una quota di boccaforo di 126,7 m s.l.m.. L'unica lettura disponibile è quella eseguita nell'agosto 2005 in cui veniva misurato un livellio di falda a 119.7 m s.l.m.

Le misure piezometriche effettuate nel 2004-2005, sono confrontabili con quelle del 2001-2002. La ricostruzione dell'assetto idrogeologico caratteristico di questi contesti, così come descritto nel capitolo precedente, può essere completamente confermata dall'analisi delle misure di ultima acquisizione.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
105di133

8.3.10 Tratta da pk 133+970 a pk 140+617

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
XA202O118	114.400	10.90	103.50	3.04	14.10	100.30	0.00	Non + attivo	Non + attivo	Non + attivo
XA202O119	109.925	23.45	86.48	13.45	4.33	105.60	2.22	4.49	105.44	2.23
4SC042	110.340				17.35	92.99	0.18	17.43	92.91	0.04
4SN043	98.400				38.54	59.86	0.00	ASSENTE	-	-
4SN045	89.320				21.69	67.63	10.57	23.85	65.47	0.00
XA202O140	84.833	37.17	47.67	0.53	35.44	49.39	3.21	34.43	50.41	2.85

8.3.11 Tratta Interconnessione Brescia Est

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
XA202R190	139.472	25.63	113.84	1.80	24.20	115.27	4.00	22.77	116.71	2.2
XA202R192	141.017	29.88	111.14	3.75	28.37	112.64	5.10	28.52	112.50	2.4
XA202R194	140.121	27.98	112.14	4.00	27.69	112.44	3.90	26.38	113.74	2.1
S14	139.982	25.03	114.95	0.98	26.93	113.06	3.90	26.34	113.64	1.9
S15	125.106	10.67	114.43	0.44	13.65	111.46	2.30	13.90	111.21	2.2
XA202R052	137.002	25.93	111.07	4.06	24.70	112.30	3.30	24.57	112.44	2.7
2SN304	140.086				28.13	111.95	3.53	26.65	113.44	0.50
2SN307	141.059				29.94	111.12	4.20	28.68	112.38	1.70
2SN314	131.270				17.55	113.73	4.73	16.76	114.51	2.60
2SN317	127.100				14.07	113.03	2.58	14.54	112.56	2.60

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005		
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.	
S6		20.43	-	1.15	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
S7		35.49	-	1.00	34.55	-	0.66	34.61	-	0.07
3SN401	139.240				27.89	111.35	0.16	28.34	110.90	0.83
3SN403	139.000				33.89	105.11	0.27	34.15	104.85	0.27
3SN405	142.330				23.42	118.91	2.28	26.522	115.81	1.29

8.3.12 Viabilità extralinea

PIEZOMETRI		2001-2002			gennaio-settembre 2004			ottobre 2004-maggio 2005			STATO ATTUALE
SIGLA	B.F. m s.l.m.	Media		Escursione m	Media		Escursione m	Media		Escursione m	
		m p.c.	m s.l.m.		m p.c.	m s.l.m.		m da p.c.	m s.l.m.		
5SN001	105.119				3.17	101.95	0.3	3.3	101.82	0.2	DISTRUTTO
5SN004	119.56				4.40	115.16	0.6	4.64	114.92	0.3	
5SN011	103.032				2.73	100.30	0.1	3.24	99.79	0.5	
5SN020	123.85				4.25	119.60	0.5	4.54	119.31	0.3	
5SN024	111.075				1.40	109.68	0.7	1.9	109.18	0	
5SN026	116.025				5.03	111.00	0.8	5.44	110.59	0.2	

8.4 La carta piezometrica dell'acquifero principale

Sulla base di tutte le considerazioni fatte nei paragrafi precedenti, è stato possibile elaborare la *Carta Piezometrica dell'Acquifero Principale* allegata, in scala 1:10.000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE00020150÷20280), al Progetto Definitivo in oggetto.

Su tale cartografia viene riportato l'andamento dell'Acquifero Principale ricostruito sulla base delle letture piezometriche eseguite, in tutte le verticali a disposizione, nel maggio – giugno del 2004. Tale cartografia, pertanto rappresenta l'andamento della falda in un preciso periodo dell'anno. Per valutare le escursioni di tale sistema, le eventuali variazioni stagionali, sarà necessario attendere che, come in progetto, le acquisizioni dei livelli piezometrici continuino per almeno un intero anno.

I piezometri utilizzati per l'elaborazione sono:

- i piezometri realizzati nel 2004 (Snamprogetti, codice 1SCxxx – 1SNxxx etc.)
- i piezometri realizzati nel 2004 nell'ambito delle *indagini integrative* (Snamprogetti, codice SxGL, SxGF, SxGP e SxGS)
- i piezometri realizzati nel 2002 (Italferr), ma ancora attivi e monitorati nel 2004.

Durante l'elaborazione dei dati sono state riscontrate alcune anomalie. Alcuni piezometri, in particolare, presentano un livello di falda del tutto in contrasto con l'andamento piezometrico medio riconosciuto in contesti limitrofi. In relazione alla qualità dei dati raccolti (in molti casi acquisiti a breve distanza dall'ultimazione del foro di sondaggio stesso e probabilmente ancora perturbati dalla presenza di polimeri o di fanghi di perforazione non ancora spurgati), si è scelto di non considerare questi valori.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
107di133

Sembra importante segnalare, infine, come l'andamento delle isofreatiche, delle linee di flusso e dei valori piezometrici ottenuti sulla base di queste elaborazioni, si mantengano del tutto confrontabili con quanto descritto in bibliografia (con particolare riferimento alla carta della *Piezometria dell'acquifero Superficiale* elaborata dal Politecnico di Milano in collaborazione con Regione Lombardia, 1996).



9. CENSIMENTO DEI PUNTI D'ACQUA

Il censimento dei punti d'acqua affioranti nel territorio in esame, ha richiesto un lungo lavoro di ricerca e assimilazione di dati provenienti da fonti diverse e rappresentati in modo disomogeneo e frammentario.

La maggior parte dei dati provengono da elenchi pozzi, sorgenti e fontanili prodotte dal Consorzio Cepav nel 1992. Queste informazioni sono state integrate con materiale proveniente dalle Amministrazioni Comunali e Provinciali interessate dal Progetto AC.

Il database principale così ottenuto raggruppa tutti i pozzi e i fontanili (o emergenze della falda in genere) presenti entro una distanza di 3 chilometri dall'asse della linea AC. Particolare attenzione è stata posta ai punti d'acqua ubicati entro i 500 metri dalla linea. Sulla base di questo database sono state elaborate le *Carte dei punti d'acqua* allegate, in scala 1:10.000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE00020290÷20420) e 1:25.000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE00020090÷20120).

Vista l'importanza di caratterizzare con il miglior dettaglio possibile tutti i punti d'acqua potenzialmente critici, è stata dedicata a questa problematica una monografia di approfondimento, allegata al progetto definitivo in oggetto (doc. rif. IN0500DE2RGGE00020030).

Per completezza viene comunque di seguito fornita una prima caratterizzazione dei fontanili e dei pozzi censiti nell'area d'interesse.

9.1 Fontanili

I fontanili rappresentano, in buona approssimazione, l'emergenza diretta della falda al di sopra della superficie topografica. L'emergenza può verificarsi naturalmente o essere favorita mediante scavo o infissione di tubi in testa al fontanile stesso.

La maggior parte dei fontanili interessati dal progetto, non presenta carattere stagionale ma si mantiene attiva per tutto l'anno. Tutti i fontanili osservati alimentano, o alimentavano, rogge e sistemi di canalizzazione a fini irrigui. Per dare una misura della loro importanza è possibile citare uno studio del CNR, Istituto di Ricerca sulle Acque, del 1979 dove veniva messo in evidenza che il 70% delle disponibilità irrigue nella pianura tra i fiumi Chiese e Mincio fosse fornito proprio dai fontanili.

Nella necessità di rispondere nel modo più adeguato possibile alle prescrizioni del CIPE inerenti a queste problematiche, la generica classificazione di "fontanile", così come descritto in bibliografia e nella documentazione tecnica redatta nelle precedenti fasi progettuali, è stata



riconsiderata. Sono stati individuati non più dei singoli fontanili, ma dei *Sistema Fontanile*, rappresentanti un insieme di teste, aste e occhi di fontanile tra di loro vicini e legati ad una dinamica comune.

Nelle tabelle presentate nella monografia allegata (doc. rif. A20200DE2RGGE00020030) sono elencati e descritti i sistemi fontanile censiti.

Per ogni fontanile si riporta:

- il codice di identificazione;
- Il comune di appartenenza;
- la provincia;
- le coordinate geografiche (Gauss Boaga);
- la progressiva chilometrica riferita al tracciato della linea AC/AV in oggetto;
- la distanza dall'asse.

9.2 Pozzi

I dati reperiti, nonostante provengano da fonti ufficiali, sono eterogenei e spesso non completi o mancanti di informazioni basilari per una corretta caratterizzazione del singolo punto d'acqua.

Sono stati riconosciuti e censiti:

- Pozzi pubblici ad uso idropotabile.
- Pozzi pubblici ad uso diverso (in genere irriguo).
- Pozzi pubblici ubicati su base bibliografica (perchè esterni alla fascia dei 500 metri scelta come critica).
- Pozzi privati.
- Pozzi privati ubicati su base bibliografica, ma non verificati in fase di sopralluogo (perchè non accessibili o esterni alla fascia dei 500 metri scelta come critica).

Non rientrano in questo lavoro i pozzi costruiti in modo abusivo e privi di regolari concessioni: la loro individuazione sul territorio e la loro caratterizzazione risulterebbe praticamente impossibile.



Nelle tabelle presentate nella monografia allegata (doc. rif. IN0500DE2RGGE00020030) sono elencati i pozzi censiti.

Per ogni pozzo si riporta:

- il codice di identificazione utilizzato in questo lavoro;
- la fonte bibliografica da cui sono stati reperiti i dati;
- il comune di appartenenza in cui ricade il punto d'acqua;
- le coordinate geografiche Gauss-Boaga;
- la progressiva chilometrica riferita alla linea in progetto;
- la distanza dall'asse della linea;
- la profondità;
- l'uso.

Tutti i punti d'acqua censiti (fontanili e pozzi) sono riportati nelle *tavole dei punti d'acqua* alla scala 1:10000 (doc. rif. IN0500DE2N4GE00020290-20420) allegate al Progetto Definitivo in oggetto.

9.3 Le principali criticità riconosciute per i punti d'acqua

Nei paragrafi successivi vengono presentate, tratta per tratta, le principali criticità riconosciute per i punti d'acqua potenzialmente intercettati dal tracciato della linea ferroviaria in progetto.

9.3.1 Tratta interconnessione Treviglio

Nell'area comprendente la tratta dell'interconnessione di Treviglio, è presente 1 pozzo pubblico ad uso irriguo ubicato nell'interconnessione di Treviglio.

Pozzo	Comune	Est (G.B)	Nord(G.B)	pk	Distanza dalla linea	Profondità	Uso	Fonte
W0110	Caravaggio	1551861	5039674	39+100	200	43	Pubblico irriguo	P.T.

Tabella 9.1: Pozzo della tratta interconnessione Treviglio.

9.3.2 Tratta Oglio – Mella (pk 68+350 – pk 78+600)

Nell'area comprendente la tratta Oglio-Mella, con riferimento ad una fascia di 200 metri a cavallo della linea ferroviaria in progetto, sono stati individuati 12 pozzi e 3 fontanili. Dei 12 pozzi censiti, solo uno (W0222) è sfruttato a scopo idropotabile.

Nella tabella che segue (tab. 9.5) sono elencati i pozzi che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

Pozzo	Comune	Est (G.B)	Nord(G.B)	pk	Distanza dalla linea	Profondità	Uso	Fonte
W0816	Urago d'Oglio	1568125	5039150	56+250	195	-	Privato	Cepav 92
W1042	Urago d'Oglio	1569146	5039620	57+350	195	-	Privato	SIA 2003
W0821	Urago d'Oglio	1569850	5039675	58+000	40	-	Privato	Cepav 92
W1043	Urago d'Oglio	1569846	5039945	58+100	200	-	Privato	SIA 2003
W1045	Castelcovati	1574101	5040980	62+500	195	-	Privato	SIA 2003
W1047	Castrezzato	1578303	5041664	66+750	140	-	Privato	SIA 2003
W0810	Travagliato	1582175	5040625	70+880	130	-	Privato	Cepav 92
W1050	Torbole Casaglia	1584685	5038746	74+000	75	-	Privato	SIA 2003
W1051	Torbole Casaglia	1584818	5038443	74+320	60	-	Privato	SIA 2003
W1052	Torbole Casaglia	1584929	5038202	74+550	170	-	Privato	SIA 2003
W1053	Castel Mella	1587678	5037288	77+440	90	-	Privato	SIA 2003
W0222	Azzano Mella	1586806	5037145	76+620	245	50	Pubblico Idropotabile	P.T.

Tabella 9.5: Pozzi ubicati entro i 500 metri dalla linea.

Nella tabella che segue (tab. 9.6) sono elencati i fontanili che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

Cod.	COMUNE	PROV	X	Y	PK	Distanza dall'asse (m)
F139	Lograto	Bs	1560900	5037450	75+180	INT
F230	Lograto	Bs	1585693	5038338	75+120	375
F285	Lograto	Bs	1585971	5037859	75+600	104
F231	Lograto	Bs	1586845	5037651	76+800	250

Tabella 9.6: Fontanili ubicati entro i 500 metri dalla linea.



9.3.3 Tratta Mella – Chiese (pk 78+600 – pk 100+500)

Nell'area comprendente la tratta Mella - Chiese sono stati individuati: un solo pozzo (W1057) e 13 fontanili.

Nella tabella che segue (tab. 9.7) sono elencati i pozzi che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

Pozzo	Comune	Est (G.B)	Nord(G.B)	pk	Distanza dalla linea	Profondità	Uso	Fonte
W1057	Calcinato	1606687	5035472	97+500	30	-	Privato	SIA 2003

Tabella 9.7: Pozzi ubicati entro i 200 metri dalla linea.

Nella tabella che segue (tab. 9.8) sono elencati i fontanili che si trovano ad una distanza inferiore ai 500 metri dal tracciato della linea in progetto o che interferiscono con aree di cantiere.

Cod.	COMUNE	PROV	X	Y	PK	Distanza dall'asse (m)
F100	Flero	Bs	1590322	5036580	80+160	30
F99	Flero	Bs	1590318	5036758	80+140	140
F108	Flero	Bs	1590422	5036853	80+220	250
F232	Flero	Bs	1590357	5036458	80+220	150
F233	Flero	Bs	1590291	5036274	80+150	340
F103	Flero	Bs	1590790	5036210	80+660	320
F102	Flero	Bs	1591800	5036280	81+680	150
F186	S. Zeno sul Naviglio	Bs	1593519	5036583	83+250	275
F180	S. Zeno sul Naviglio	Bs	1593675	5036050	83+550	75
F184	S. Zeno sul Naviglio	Bs	1593713	5035961	83+620	25
F181	S. Zeno sul Naviglio	Bs	1593822	5036103	83+680	190
F185	S. Zeno sul Naviglio	Bs	1593832	5035891	83+740	50
F158	Poncarale	Bs	1594200	5036250	84+000	490
F289	Poncarale	Bs	1594011	5035390	84+171	355
F295	Poncarale	Bs	1595364	5035600	85+300	447
F298	Poncarale	Bs	1595493	5035546	85+430	459
F299	Poncarale	Bs	1595575	5035421	85+547	377
F300	Poncarale	Bs	1595405	5035261	85+461	158
F259	Montirone	Bs	1597596	5034352	87+720	60*
F260	Ghedi	Bs	1600244	5033882	90+520	100**

*interferisce con area tecnica sottopasso

** interferisce con area tecnica viadotto Garza

Tabella 9.8: Fontanili ubicati entro i 500 metri dalla linea.

9.3.4 Tratta Chiese - Mincio (pk 100+500 – pk 124+200)

Nell'area comprendente la tratta Chiese - Mincio, con riferimento ad una fascia di 200 metri a cavallo dalla linea ferroviaria in progetto, sono stati individuati 22 pozzi e 19 fontanili entro la fascia dei 500m. In particolare i pozzi sono così suddivisi: 1 ad uso pubblico (W0554) e 21 ad uso privato.

Nella tabella che segue (tab. 9.9) sono elencati i pozzi che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

Pozzo	Comune	Est (G.B)	Nord(G.B)	pk	Distanza dalla linea	Profondità	Uso	Fonte
W1059	Calcinato	1611414	5035570	102+350	70	-	Privato	SIA 2003
W1061	Lonato	1613340	5034971	104+400	95	-	Privato	SIA 2003
W1062	Lonato	1614552	5034579	105+650	92	-	Privato	SIA 2003
W0618	Lonato	1615961	5034476	107+050	175	-	Privato	Lonato
W1063	Lonato	1617252	5034169	108+380	40	-	Privato	SIA 2003
W1066	Lonato	1617699	5034111	108+800	40	-	Privato	SIA 2003
W1067	Lonato	1617707	5033966	108+850	95	-	Privato	SIA 2003
W1070	Lonato	1619439	5033705	110+600	intercettato	-	Privato	SIA 2003
W1071	Lonato	1619619	5033497	110+820	170	-	Privato	SIA 2003
W1072	Lonato	1620462	5033440	111+650	50	-	Privato	SIA 2003
W1233	Desenzano d.G.	1620953	5033560	112+120	155	-	Privato	SIA 2003
W1077	Desenzano d.G.	1622375	5032986	113+640	90	-	Privato	SIA 2003
W1078	Desenzano d.G.	1622594	5032862	113+900	160	-	Privato	SIA 2003
W0518	Desenzano d.G.	1622850	5032850	114+120	105	-	Privato	Cepav92
W1079	Desenzano d.G.	1623137	5032889	114+400	intercettato	-	Privato	SIA 2003
W1080	Desenzano d.G.	1623118	5032857	114+400	20	-	Privato	SIA 2003
W1081	Desenzano d.G.	1623421	5032791	114+700	25	-	Privato	SIA 2003
W0554	Desenzano d.G.	1625477	5032294	116+800	80	121	Pubblico Idropotabile	P.T.
W1082	Desenzano d.G.	1625556	5032265	116+880	105	-	Privato	SIA 2003
W0551	Desenzano d.G.	1626350	5032175	117+680	140	61	Privato	Cepav92
W0892	Peschiera d.G.	1630275	5032000	121+600	130	70	Privato	Cepav92
W0875	Peschiera d.G.	1632075	5031950	123+400	50	-	Privato	Cepav92

Tabella 9.9: Pozzi ubicati entro i 200 metri dalla linea.

Nella tabella che segue (tab. 9.10) sono elencati i fontanili che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

Cod.	COMUNE	PROV	X	Y	PK	Distanza dall'asse (m)
F235	Lonato	Bs	1617439	5034120	108+550	INT
F236	Lonato	Bs	1617548	5034160	108+650	45
F237	Lonato	Bs	1617634	5033984	108+780	100
F209	Lonato	Bs	1617493	5034573	108+560	480
F238	Lonato	Bs	1617912	5033889	109+050	155
F245	Lonato	Bs	1620802	5033844	111+920	395
F246	Lonato	Bs	1620881	5033792	112+000	370
F247	Lonato	Bs	1620851	5033648	112+000	210
F214	Lonato	Bs	1621146	5033160	112+400	195
F212	Lonato	Bs	1621470	5033478	112+650	180
F210	Lonato	Bs	1621572	5033269	112+800	INT
F248	Peschiera	Bs	1621677	5033697	112+820	435
F211	Peschiera	Bs	1629263	5032186	120+600	INT
Cod.	COMUNE	PROV	X	Y	PK	Distanza dall'asse (m)
F202	Peschiera	Bs	1631076	5031724	122+450	340
F196	Peschiera	Bs	1631456	5032472	122+740	425
F198	Peschiera	Bs	1631582	5032321	122+880	270
F197	Peschiera	Bs	1631674	5032395	123+000	350
F199	Peschiera	Bs	1631731	5032128	123+060	95
F200	Peschiera	Bs	1632045	5031969	123+380	35

Tabella 9.10: Fontanili ubicati entro i 500 metri dalla linea.

Le caratteristiche di questi fontanili vengono trattate in modo più ampio nell'approfondimento sul Laghetto del Frassino.

9.3.5 Tratta Mincio – Sommacampagna (pk 124+200 – pk 140+698)

Nell'area comprendente la tratta Mincio - Sommacampagna, con riferimento ad una fascia di 200 metri a cavallo della linea ferroviaria in progetto, sono stati individuati 9 pozzi (8 privati e 1 pubblico potabile), nessun fontanile e 5 sorgenti.

Nella tabella che segue (tab. 9.11) sono elencati i pozzi che si trovano ad una distanza inferiore ai 200 metri dal tracciato della linea in progetto.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RGGE0002001Rev.
1Foglio
115di133

Pozzo	Comune	Est (G.B)	Nord(G.B)	pk	Distanza dalla linea	Profondità	Uso	Fonte
W1009	Castelnuovo d.G.	-	-	126+400	180	-	Pubblico potabile	Castelnuovo d.G.
W0853	Castelnuovo d.G.	1635430	5032040	126+780	15	-	Privato	Cepav92
W0858	Castelnuovo d.G.	1635500	5032200	126+820	155	-	Privato	Cepav92
W0855	Castelnuovo d.G.	1636196	5032092	127+540	125	-	Privato	Cepav92
W0837	Castelnuovo d.G.	1637670	5031720	129+050	50	-	Privato	Cepav92
W0960	Sona	1639375	5031275	130+800	65	-	Privato	Cepav92
W0958	Sona	1640658	5031367	132+080	165	-	Privato	Cepav92
W0952	Sona	1642110	5031340	133+560	15	-	Privato	Cepav92
W1088	Lugagnano	1647168	5032236	138+720	90	-	Privato	SIA 2003

Tabella 9.11: Pozzi ubicati entro i 200 metri dalla linea.

10. QUALITÀ CHIMICO – FISICA DELLE ACQUE

Si è cercato di descrivere le qualità chimico-fisiche delle acque superficiali e sotterranee in deflusso nel territorio sede del tracciato ferroviario in progetto. I dati considerati sono stati acquisiti presso la Regione Lombardia, la Regione Veneto, l'Arpa Lombardia, L'Arpa Veneto e l'Ersaf Lombardia.

Il numero dei dati raccolti è sembrato sufficientemente rappresentativo per fornire un primo quadro d'insieme sulla qualità delle acque nel territorio investigato.

10.1 LA QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Per valutare lo stato attuale dei corpi idrici nel territorio in esame si è applicato il D.Lgs n. 152 del 11 maggio 1999, inerente alle disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/Cee, concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/Cee, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Lo stato ambientale delle acque sotterranee è definito in base al confronto tra lo stato chimico e lo stato quantitativo delle acque stesse; quest'ultimo è un parametro definito dalle regioni in base ai dati provenienti dal monitoraggio e legato sia alle caratteristiche dell'acquifero (tipologia, permeabilità, coefficienti di immagazzinamento) sia al suo sfruttamento (tendenza piezometrica o delle portate, prelievi per vari usi).

Per determinare lo stato chimico si è valutato l'andamento dei principali parametri chimici selezionando quelli definiti "parametri macrodescrittori" dal D.Lgs n. 152/99.

- Conducibilità elettrica specifica a 20° ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- Cloruri (mg/l)
- Manganese ($\mu\text{g}/\text{l}$)
- Ferro ($\mu\text{g}/\text{l}$)
- Nitrati (mg/l di NO_3)
- Solfati (mg/l di SO_4)
- Ione Ammonio (mg/l di NH_4)

Ai fini della classificazione si è utilizzato il valore medio, rilevato per ogni parametro nell'anno 2002. I pozzi tenuti in considerazioni sono quelli monitorati dall'Arpa Lombardia e dall'Arpa Veneto che si trovano nei comuni interessati dalla linea ferroviaria AC.

ID interno	PROV	COMUNE	X	Y	Z
Ch09	BS	AZZANO MELLA	1586806	5037145	101,00
Ch10	BS	BEDIZZOLE	1609377	5040733	149,90
Ch11	BS	BRESCIA	1596060	5046080	164,90
Ch12	BS	CASTREZZATO	1576452	5040679	129,50
Ch13	BS	COMEZZANO	1574308	5035632	106,50
Ch14	BS	LONATO	1615024	5035985	159,50
Ch15	BS	LONATO	1621050	5031077	103,10
Ch16	BS	MONTICHIARI	1606945	5033055	120,50
Ch17	BS	MONTICHIARI	1606700	5031100	104,85
Ch18	BS	MONTIRONE	1596004	5033224	100,80
Ch19	BS	MONTIRONE	1596342	5033185	100,00
Ch20	BS	REZZATO	1604156	5040364	148,00
Ch21	BS	RODENGO-SAIANO	1586957	5049659	172,40
Ch22	BS	TRAVAGLIATO	1584265	5042055	132,50
Ch23	BS	URAGO D'OGLIO	1568653	5040167	131,00
Ch24	VE	CASTELNUOVO DEL GARDA	1637641	5033371	102,33

Tabella 10.1: Pozzi monitorati.

Si riporta lo schema integrale per l'identificazione della classe chimica per ogni singolo parametro delle acque sotterranee secondo il Dlgs152/99.

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 0*
Conducibilità elettrica specifica a 20 °C.	µS/cm	≤ 400	≤ 2500	≤ 2500	> 2500	> 2500
Cloruri	mg/l	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
Solfati (SO4)	mg/l	≤ 20	≤ 50	≤ 50	> 50	> 50
Nitrati (NO3)	mg/l	< 50	< 200	≤ 200	> 200	> 200
Manganese (Mn)	µg/l	≤ 5	≤ 25	≤ 50	> 50	>50
Ferro (Fe)	µg/l	≤ 25	≤ 250	≤ 250	> 250	> 250
Ione ammonio (NH4)	mg/l	≤ 0,05	≤ 0,5	≤ 0,5	> 0,5	> 0,5

Tabella 10.2: Classi di riferimento per la classificazione qualitativa delle acque.

(*) se la presenza di tali sostanze è di origine naturale, così come appurato dalle Regioni o dalle province autonome, verrà automaticamente attribuita la classe =0



Schema di definizione delle classi chimiche dei corpi idrici sotterranei:

- Classe 1: Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche.
- Classe 2: Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche.
- Classe 3: Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione.
- Classe 4: Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti.
- Classe 5: Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3.

Applicando la precedente tabella (tab. 10.2) alle analisi chimiche dei pozzi in nostro possesso, è stato possibile valutare la classe chimica prevalente di ogni elemento monitorato.

Nella tabella che segue (tab. 10.3) sono presentati, in sintesi, i risultati ottenuti.



Legenda

Classe 1	
Classe 2	
Classe 3	
Classe 4	

ID interno	Prov.	Parametri macrodescrittori in base al Dlgs 152-99. Valori medi anno 2002						
		Cloruri	Solfati (SO4)	Nitrati (NO3)	Manganese (Mn)	Ferro (Fe)	Ione ammonio (NH4)	Conducibilità elettrica specifica a 20 °C.
		mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µS/cm
Ch09	BS	16,85	36,50	30,35	<5	<35	<0,05	494,00
Ch10	BS	4,70	29,40	11,10	<5	<25	<0,05	404,00
Ch11	BS	7,23	23,10	12,35	<5	<25	<0,05	557,50
Ch12	BS	6,90	38,70	28,05	<5	<25	<0,05	442,50
Ch13	BS	9,85	43,55	31,35	<5	<25	<0,05	522,00
Ch14	BS	8,02	19,35	32,00	<5	<25	<0,05	nc
Ch15	BS	6,80	21,80	22,90	<5	<25	<0,05	533,00
Ch16	BS	8,62	34,05	33,25	<5	<25	<0,05	499,50
Ch17	BS	6,80	33,60	24,00	<5	<25	<0,05	462,00
Ch18	BS	9,44	34,30	21,90	nc	nc	<0,05	451,00
Ch19	BS	10,50	34,70	20,70	<5	<25	<0,05	413,00
Ch20	BS	8,60	30,60	19,60	<5	<25	<0,05	634,00
Ch21	BS	15,85	26,95	42,10	<5	<25	<0,05	619,00
Ch22	BS	18,20	43,50	44,35	<5	<25	<0,05	493,00
Ch23	BS	7,45	21,55	21,15	<5	<25	<0,05	416,00
Ch24	VE	6,00	27,00	15,00	<1	<50	<0,01	446,00

Tabella 10.3: Qualità delle acque sotterranee monitorate.

Come si può osservare la maggior parte dei valori chimici rientra nella *Classe Chimica 1*, che evidenzia un impatto antropico nullo o trascurabile. I valori appartenenti alla *Classe 2* soprattutto i Solfati, i Nitrati e la totalità dei rilevamenti della Conducibilità Elettrica Specifica denunciano un impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e un corpo idrico sotterraneo con buone caratteristiche idrodinamiche.

In fine si rileva che diversi valori di nitrati rientrano nella *Classe 3*, caratteristica di un impatto antropico significativo e di acque sotterranee con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con segnali di compromissione; questo è senza dubbio connesso alle intense pratiche agricole e zootecniche che caratterizzano il tratto di pianura considerato.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
120di133

Poiché secondo il Decreto Legislativo lo stato chimico complessivo viene identificato dal valore di concentrazione peggiore riscontrato nelle analisi dei diversi parametri, in base a quanto detto precedentemente esso assume un valore di *Classe 3*.

Lo stato quantitativo, come detto precedentemente viene definito dalle regioni in seguito al monitoraggio degli acquiferi, In assenza di serie storiche significative di dati dal punto di vista quantitativo la classificazione, come prescritto dalla legge, sarà basata sullo stato chimico delle risorse, ipotizzando una *classe C*. Questa classe indica un impatto antropico significativo con notevole incidenza dell'uso sulla disponibilità della risorsa.

Si ritiene essenziale precisare che il risultato così ottenuto ha un carattere puramente indicativo e preliminare a studi più approfonditi, basati su una quantità di dati maggiore in funzione anche della vastità del territorio interessato dalla linea ferroviaria.



11. APPROFONDIMENTI

Lo Studio di Impatto Ambientale redatto dal Consorzio CEPAV 2 nel 2003, indicava alcune criticità lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto.

In particolare si indicavano come possibile criticità:

- Galleria Calcinato II (dal km 101+740 al km 102+200)
- Galleria di Lonato (dal km 104+550 al km 112+111, in naturale tra il km 105+981 e il km 110+756)
- Galleria Santa Cristina (dal km 120+902 al km 121+257)
- Galleria Madonna del Frassino (dal km 121+655 al km 123+605, in naturale tra il km 122+921 e il km 123+153)
- Galleria Mano di Ferro (dal km 123+655 al km 124+016)
- Galleria artificiale Paradiso (dal km 125+211 al km 126+548)
- Galleria San Giorgio (dal km 130+180 al km 133+575, in naturale tra il km 130+463 e il km 132+233)
- Il Laghetto del Frassino.
- I punti di prelievo delle acque sotterranee (pozzi pubblici e privati), direttamente intercettati dal tracciato.
- I fontanili direttamente intercettate dal tracciato, o ubicati nelle sue immediate vicinanze.

Nel tentativo di fornire un approfondimento nella definizione dell'assetto idrogeologico di questi settori, è sembrato necessario presentare delle monografie dedicate, con il dettaglio necessario, ad ogni singola area riconosciuta come critica. Tali monografie, allegate al progetto definitivo in oggetto, andranno comunque intese come parte integrante del presente documento.

Sembra importante ricordare, inoltre, che per meglio definire l'assetto idrogeologico di questi settori, è stata realizzata un'importante campagna di indagine integrativa, mirata proprio all'acquisizione di tutti quei parametri stratigrafici ed idrogeologici necessari per una completa definizione di queste problematiche.

Per ognuno dei contesti così definiti si fornisce:

- una premessa generale, con la definizione delle criticità che la messa in opera della linea in progetto potrà comportare;
- un breve inquadramento geologico e geomorfologico dell'area;
- un inquadramento idrogeologico dell'area;
- un richiamo alla distribuzione delle classi di permeabilità e dei livelli piezometrici medi, già affrontato nei capitoli precedenti;
- la definizione della circolazione idrica sotterranea, con particolare riferimento ai livelli piezometrici individuati, alle direzioni del flusso idrico sotterraneo, alla presenza di eventuali spartiacque superficiali o sotterranei, alla presenza di falde sospese o di acquiferi multistrato etc.;
- la definizione di profili idrogeologici longitudinali all'asse delle gallerie;
- un bilancio idrogeologico riferito, con il dettaglio necessario, al bacino che sottende l'opera in progetto;
- le conclusioni alle problematiche individuate, con la definizione degli impatti e delle possibili mitigazioni.

Per ognuno di questi contesti si fornisce, di seguito, un breve inquadramento, con la definizione delle principali criticità riconosciute.

11.1 La Galleria Calcinato II

La galleria artificiale Calcinato II è interamente compresa nel territorio del Comune di Calcinato. Gli imbocchi, occidentale ed orientale, sono rispettivamente situati alla pk 101+740 ed alla pk 102+200. La lunghezza totale dell'opera è di 460 m.

Lo scavo della Galleria Calcinato II andrà ad interessare i terreni che costituiscono l'Arco Morenico del basso Garda.

I corpi morenici, in genere, anche se costituiti in predominanza da ghiaie sabbiose, presentano valori di conducibilità idraulica modesti, in relazione all'abbondante matrice limoso-argillosa che ne controlla la struttura. All'interno degli stessi corpi morenici, in corrispondenza degli orizzonti dominati da matrice più grossolana, la conducibilità idraulica può aumentare anche di diversi ordini di grandezza, ospitando acquiferi di continuità laterale di difficile definibilità.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
123di133

Alle pendici delle morene affiorano depositi alluvionali antichi e/o recenti e depositi fluvioglaciali, caratterizzati da tessitura e composizione granulometrica del tutto eterogenea. Definire in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, in relazione a quanto descritto, risulta assai problematico.

11.2 La Galleria di Lonato

Per oltrepassare il settore collinare dei comuni di Lonato e di Desenzano del Garda, è prevista la realizzazione di una galleria tra la pk 104+550 e la pk 112+111 del tracciato ferroviario in progetto; ad eccezione dei settori prossimi agli imbocchi (pk 104+550÷pk 105+981 e pk 110+756÷112+111), la galleria verrà realizzata in naturale.

Attraversando in sotterraneo parte dell'arco morenico del basso Garda, la linea ferroviaria in progetto interferisce potenzialmente con il sistema di falde presenti nei depositi morenici e nei depositi fluvioglaciali delle cosiddette "piane intramoreniche".

Secondo uno studio realizzato per conto del Comune di Lonato sussiste la possibilità che il tracciato, attraversando l'area palustre del Lavagnone, intersechi l'antico canale di deflusso sotterraneo che, collegando l'alveo dello Stagno Lavagnone al Rio Venga, consente la regolazione del livello dell'acqua nella palude.

Occorre ricordare poi che i depositi morenici sono caratterizzati dalla irregolare distribuzione di lenti molto permeabili, all'interno di sequenze a bassissima permeabilità e che ciò comporta la possibilità di rinvenire, entro questi orizzonti più permeabili, dei livelli acquiferi in pressione e delle falde sospese.

Queste tematiche, come detto, verranno approfondite con il dettaglio necessario nella monografia allegata al progetto (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010040).

11.3 La Galleria Santa Cristina, Madonna del Frassino, Mano di Ferro

Il tracciato della linea ferroviaria in progetto si snoda, a sud del Laghetto del Frassino, per la maggior parte in galleria, sia naturale che artificiale. Le tratte previste in sotterranea sono:

- pk 120+902 ÷ pk 121+257, Galleria Santa Cristina
- pk 121+655 ÷ pk 123+605, Galleria Madonna del Frassino (naturale tra il km 122+921 e il km 123+153)

- pk 123+655 ÷ pk 124+016, Galleria Mano di Ferro

Lo scavo della galleria andrà ad interessare un'area limitrofa al Laghetto del Frassino, inserito dal P.T.R.C. nell'elenco delle aree di tutela paesaggistica di interesse regionale, e soggetto a norme specifiche volte alla conservazione integrale dell'assetto territoriale.

E' sembrato necessario, quindi, eseguire uno studio dettagliato, mirato alla definizione delle eventuali interferenze tra la linea ferroviaria in progetto e l'assetto idrogeologico di questo piccolo bacino endoreico. Risulta evidente la necessità di valutare, con il dettaglio necessario, il potenziale impatto che lo scavo della galleria in progetto potrebbe esercitare sulla circolazione idrica profonda, con particolare riferimento agli acquiferi che interagiscono direttamente con la dinamica del Laghetto del Frassino stesso.

Queste tematiche verranno approfondite con il dettaglio necessario nella monografia, allegata al progetto (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010030).

11.4 La Galleria Paradiso

La Galleria artificiale Paradiso è interamente compresa nel territorio del Comune di Castelnuovo del Garda. Gli imbocchi, occidentale ed orientale, sono rispettivamente situati alla pk 125+115 ed alla pk 126+548.

Lo scavo della galleria Paradiso andrà ad interessare i terreni che costituiscono l'arco morenico del basso Garda.

Dall'analisi dei dati attualmente a disposizione, sembra che l'asse della galleria in progetto sia, in buona approssimazione, parallela alla direzione del flusso idrico sotterraneo che, in questi settori, si muove verso il vicino Lago di Garda e verso il corso del Fiume Mincio. Questa realtà dovrebbe limitare il possibile impatto dell'opera sulla circolazione idrica profonda. Sarà comunque necessario approfondire la conoscenza dell'assetto idrogeologico di questi settori.

Queste tematiche verranno approfondite con il dettaglio necessario nella monografia, allegata al progetto (doc. rif. IN0500DE2RGGE00010050).

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
125di133

11.5 La Galleria San Giorgio

La Galleria San Giorgio è interamente compresa nel territorio comunale di Sona. L'imbocco occidentale è situato alla pk 130+180, quello orientale alla pk 133+575. La galleria, prevista in naturale tra la pk 130+463 e la pk 132+233, è progettata in artificiale in prossimità degli imbocchi.

La Galleria San Giorgio verrà realizzata nella parte terminale dell'arco morenico del basso Garda, al passaggio tra i depositi morenici e fluvioglaciali tipici di queste morfologie e i depositi che costituiscono la vicina Pianura Veneta.

Le indagini geognostiche realizzate hanno dimostrato, per questi settori di pianura, bassi valori di soggiacenza. La galleria in progetto dovrebbe rimanere, in buona approssimazione, sempre sotto il carico idraulico della falda superficiale.

Bisognerà valutare con il dettaglio necessario l'impatto che lo scavo della galleria comporterà sulla circolazione idrica sotterranea.



12. CONCLUSIONI

Lo scopo della presente relazione era quello di fornire un inquadramento generale dei caratteri idrografici, idrogeologici e climatici del territorio interessato dal tracciato della linea ferroviaria ad Alta Velocità / Alta Capacità, nell'ambito delle attività propedeutiche alla sua progettazione definitiva.

Il territorio interessato dal tracciato della linea in progetto può essere diviso in tre contesti geografici diversi:

- la Pianura Lombarda;
- l'Anfiteatro morenico del Garda;
- la Pianura Veneta.

Questi settori presentano caratteristiche morfologiche, geologiche ed idrogeologiche differenti, ma sono comunque accomunati da una dinamica comune.

Il tracciato della linea in progetto è stato diviso, nel tentativo di fornire un quadro organico ed esaustivo, in diverse sotto tratte, in genere comprese tra due corsi d'acqua principali:

- tratta Oglio – Mella
- tratta Mella – Chiese
- tratta Chiese – Mincio
- tratta Mincio - Sommacampagna

Per ognuna delle tratte così definite si è valutato:

- la distribuzione dei valori di conducibilità idraulica (elaborazione statistica dei valori acquisiti dalle prove di conducibilità idraulica realizzate in foro di sondaggio durante le campagne geognostiche eseguite);
- l'andamento piezometrico medio (definito sulla base dell'elaborazione geostatistica dei valori piezometrici acquisiti durante la campagna geognostica del 2001-2002, e verificato e completato sulla base delle risultanze della campagna di approfondimento 2004);
- il censimento dei pozzi, delle sorgenti e dei fontanili presenti, con particolare riferimento a quelli ubicati entro una distanza (200 metri) dal tracciato riconosciuta come critica.



Nella figura che segue (fig. 12.1) viene proposta, in modo schematico e sintetico, la distribuzione delle classi di conducibilità idraulica lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Le classi di permeabilità sono state definite (par. 7.1) sulla base delle prove di conducibilità idraulica (Lefranc) eseguite nell'ambito della progettazione in oggetto e delle caratteristiche litologiche delle diverse unità distinte.

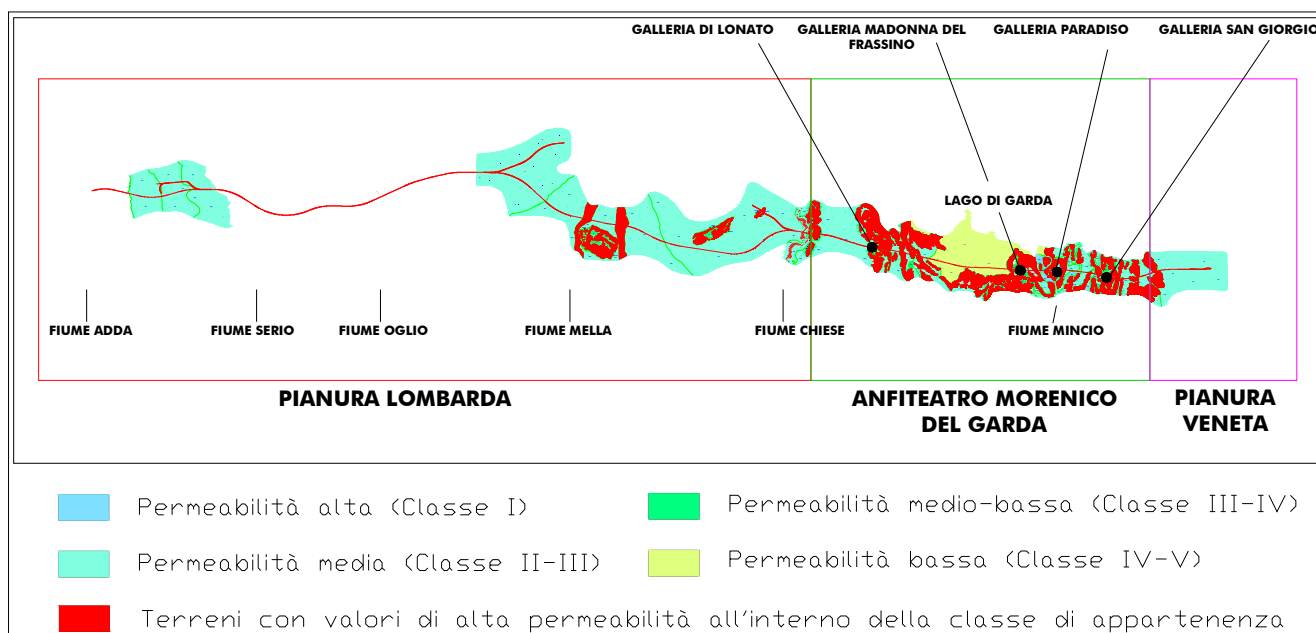


Figura 12.1: Distribuzione delle classi di permeabilità lungo il tracciato della linea.

Il settore della Pianura Lombarda e quello della Pianura Veneta, sono caratterizzati dalla costante presenza di terreni a permeabilità media ($K = 10^{-4} - 10^{-7}$ m/s).

Il settore dell'anfiteatro morenico, invece, è caratterizzato da una forte eterogeneità nelle caratteristiche di conducibilità idraulica: non si riconosce, per questi materiali, una classe di permeabilità di riferimento.

Nella figura che segue (fig. 12.2) viene presentato, in modo schematico e sintetico, l'andamento regionale della Falda Principale (Primo Acquifero).

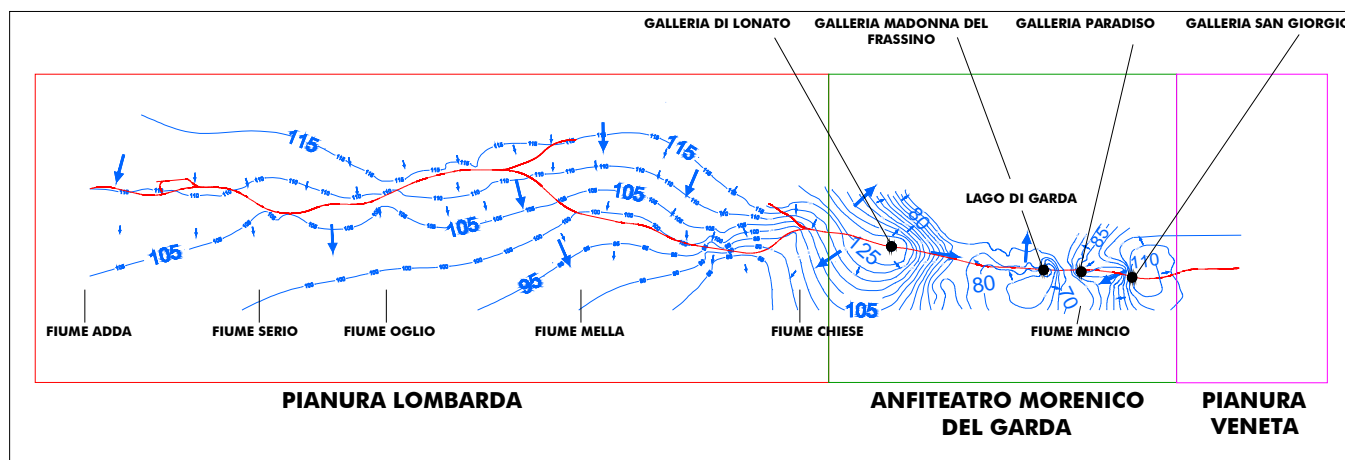


Figura 12.2: Andamento regionale della Falda Principale.

Nei settori della Pianura Lombarda, l'andamento della Falda Principale presenta un orientamento circa nord-sud, con una quota del livello piezometrico costantemente compresa tra i 95 e i 115 m s.l.m..

Le linee di flusso, in questi settori di pianura, si orientano circa perpendicolarmente al tracciato della linea ferroviaria in progetto.

In relazione al complesso sistema stratigrafico e morfologico che forma l'anfiteatro morenico del Garda, invece, l'assetto idrogeologico caratteristico di questo settore risulta particolarmente complesso. A scala regionale si riconosce uno spartiacque profondo principale, ubicato nel settore interessato dalla Galleria di Lonato, e a questa circa parallelo. A nord di questo le linee di flusso sono richiamate dall'azione drenante esercitata dal vicino Lago di Garda, orientandosi da SSO a NNE; a sud, invece, le linee di flusso vengono richiamate dall'andamento generale caratteristico per la Pianura Padana, orientandosi da nord verso sud. Negli orizzonti più superficiali è stata rilevata la presenza di falde sospese e/o di acquiferi locali (come quello che alimenta il Laghetto del Frassino).

Un approfondimento particolare è stato dedicato alla caratterizzazione di quei contesti già riconosciuti come potenzialmente critici dagli studi precedenti.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
129di133

In particolare sono state elaborate delle monografie di approfondimento per:

- Galleria Calcinato II
- Galleria di Lonato
- Galleria Santa Cristina
- Galleria Madonna del Frassino
- Galleria Mano di Ferro
- Galleria artificiale Paradiso
- Galleria San Giorgio
- I punti di prelievo delle acque sotterranee (pozzi pubblici e privati), direttamente intercettati dal tracciato.
- I fontanili direttamente intercettate dal tracciato, o ubicati nelle sue immediate vicinanze.

Il presente studio è stato redatto con la collaborazione scientifica e la supervisione del Prof. Giovanni Pietro Beretta, Università degli Studi di Milano.

13. BIBLIOGRAFIA

- Amministrazione della Provincia di Mantova, Assessorato sanità e ambiente, Progetto Ambiente: "Indagine Idrogeologica del territorio dell'anfiteatro morenico del Garda".
- Autorità di Bacino del Fiume Po: "Linee Generali di assetto Idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell'Adda Sottolacuale".
- Autorità di Bacino del Fiume Po: "Linee Generali di assetto Idrogeologico e quadro degli interventi Bacino dell'Oglio".
- Autorità di Bacino del Fiume Po: "Linee Generali di assetto Idrogeologico e quadro degli interventi Bacino del Mincio".
- Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. & Nespoli M. (1995): "Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano". Consorzio per l'Acqua Potabile ai comuni della Provincia di Milano.
- Baraldi F. e Pellegrini M. (1978): "I fontanili della pianura compresa tra i fiumi Chiese e Mincio (Province di Brescia e Mantova)". Roma 1978, Istituto di Ricerca sulle Acque. CNR. P/520.
- Celico P. (1988): Prospezioni Idrogeologiche, vol II, Liguori Editore, Napoli.
- Cepav due (1992): "Linea ad alta Velocità - Capacità Torino - Venezia, tratta Milano - Verona, Progetto Esecutivo, vari allegati".
- Cepav due (2003): "Linea ad alta Velocità - Capacità Torino - Venezia, tratta Milano - Verona, Relazione Geologica con elementi di Geomorfologia ed Idrogeologia, allegata al Progetto Preliminare".
- Cepav due (2003): "Linea ad alta Velocità - Capacità Torino - Venezia, tratta Milano - Verona, Studio di Impatto Ambientale".
- Città di Lonato (2002): "Relazione Tecnica inerente i punti di criticità relativi al progetto della linea Alta Capacità Milano-Verona".
- C.N.R. Istituto di Ricerca sulle Acque: "Indagine preliminare sulle falde acquifere profonde della porzione di pianura padana compresa nelle province di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza, Pavia e Alessandria", P/331.
- C.N.R. Istituto di Ricerca sulle Acque: "Ricerche idrogeologiche e litostratigrafiche nell'alta pianura alluvionale del fiume Adige", P/367.
- Consorzio di Bonifica Adige Garda (1991): "Piano generale di Bonifica e di tutela del territorio rurale. Relazione Generale".
- Consorzio di Bonifica Medio Chiese Comprensorio n. 13 (1995): "Programmi Provvisori di Bonifica, Relazione Generale".

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
131di133

- Dal Prà A., De Rossi P., Furlan F., Siliotti A. e Zangheri P. (1991): "Il regime delle acque sotterranee nell'alta Pianura Veronese".
- Dal Prà A. e De Rossi P. (1986): "Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige", scala 1:30000. Dip. Geol. Dell'Università di Padova.
- Francani V., Zuppi G.M., Denti E., Sala P. e Scesi L. (1988): "Studi Idrogeologici sulla Pianura Padana".
- Francani V. e Lorandi F. (1978): "Studio Idrogeologico sul territorio bergamasco fra i fiumi Adda e Cherio". Istituto di Ricerca sulle Acque. CNR. P/512.
- Mari G.M, Motteran G., Scalise A.R., Terribili D. & Zattini N. (1995): "Carta Idrogeologica d'Italia, 1:50.000, guida al rilevamento e alla rappresentazione". Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, volume 5.
- Mariani L. (1998): "Meteorologia e Clima". ERSAL, Servizio Meteorologico Regionale.
- Mion F. (2002): "Acqua sotterranea nel Veneto", ARPAV, area Tecnico-Scientifica, Osservatorio Regionale Acque.
- Provincia di Milano, Assessorato all'Ambiente e Politecnico di Milano, D.S.T.M.-Geologia Applicata (1995): "Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano. Vol. 1, Lineamenti idrogeologici; Vol. 2, Stato qualitativo delle Acque".
- Provincia di Verona, Settore Tutela Faunistico-Ambientale (1998): "Risanamento del Lago del Frassino. Studio Idrologico e Progettazione Interventi".
- Regione Lombardia, Settore Ambiente Ecologia e Provincia di Brescia, Assessorato Ecologia (1993): "Piano Regionale di Risanamento delle Acque, Appendice D.10 Relazione Idrogeologica e tavole allegate".
- Regione Lombardia, Risorse idriche e Servizi di pubblica utilità: "Acque sotterranee in Lombardia, gestione sostenibile di una risorsa strategica", giugno 2001.
- Regione Lombardia, Settore Ambiente Ecologia. Provincia di Brescia, Assessorato Ecologia (1993): "Piano Regionale di Risanamento delle Acque. Settore Funzionale dei Pubblici Servizi di Acquedotto" Elaborati Grafici; Indagine Idrogeologica. Marzo 1993.
- Regione Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio. Dipartimento per la Geologia e le attività estrattive (1987): "Carta delle Unità Geomorfologiche, scala 1:250.000".
- Regione Veneto: "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera".
- Servizio Geologico Nazionale. Regione Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio. Università di Padova, Istituto di Geologia (1990): "Carta Geologica del Veneto, scala 1:250.000".

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
132di133

- Ziliani L. (1996): "Progetto di Monitoraggio delle Acque Sotterranee. Pianura, Anfiteatri Morenici e Fondovalle. Relazione e Cartografia." Provincia di Brescia, Assessorato all'Ecologia.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RGGE0002001

Rev.
1

Foglio
133di133

ALLEGATO 1

Letture piezometriche del 2004-2005 relative ai piezometri installati nel 2004